

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“RESISTENCIA DE PLANTAS CAFÉ ARÁBICO (*Coffea arabica*)**

**VARIEDAD ‘CATURRA ROJA’ A LA ROYA AMARILLA (*Hemileia vastatrix*), EN LA REGION SAN MARTÍN.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**JHON PATRICK VALLEJOS ORBE**

**TARAPOTO-PERÚ.**

**2016.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**“RESISTENCIA DE PLANTAS CAFÉ ARÁBICO (*Coffea arabica*)  
VARIEDAD ‘CATURRA ROJA’ A LA ROYA AMARILLA (*Hemileia  
vastatrix*), EN LA REGION SAN MARTÍN.”**

**COMITÉ DE TESIS.**



Dr. Agustín Cerna Mendoza.

**Presidente**



Ing. M. Sc. Manuel Santiago Doria Bolaños.

**Secretario**



Ing. Jorge Luis Peláez Rivera

**Miembro**



Ing. Eybis José Flores García

**Asesor.**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2016.**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO

Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central

### FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN NO EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA EN REPOSITORIO DIGITAL

#### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: VALLEJOS ORBE JHON PATRICK		DNI : 72249815
Domicilio: Psje Los Rosales 144 -Morales		
Teléfono 942065430	Correo Electrónico Patrick_aries@hotmail.com	

#### 2. DATOS ACADÉMICOS

Facultad	: CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional	: AGRONOMÍA

#### 3. DATOS DE LA TESIS

Título: "Resistencia de plantas café arábico ( <i>Coffea arabica</i> ) variedad 'caturra roja' a la roya amarilla ( <i>Hemileia vastatrix</i> ), en la region San Martín".
Año de Publicación 2016

#### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente autorizo a la Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central – UNSM – T, para que publique, conserve y sin modificarla su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en su Repositorio Institucional su obra a texto completo el citado título (Resolución Rectoral N° 212-2013-UNSM/CU-R).

  
JHON PATRICK VALLEJOS ORBE  
DNI 72249815

Fecha de recepción: 07 / 11 / 2016

## **DEDICATORIA.**

Este trabajo de investigación lo dedico a mi familia, en especial a mis padres, a la Sra. Nervith Orbe Chasnamote, y Sr. Cesar Vallejos Rioja; por el inmenso apoyo incondicional brindado durante mis estudios en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y en el desarrollo de este trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, por brindarme una buena educación superior.

A mi asesor al Ing. Eybis J. Flores García, por el apoyo profesional brindado a la formulación y desarrollo del trabajo de investigación.

A mis padres por la educación, los valores y por la perseverancia en la lucha por el cumplimiento de mis metas, que ellos supieron inculcarme en mi desarrollo personal.

Al Ing. Luis A. Arévalo López gerente del IIAP-SM, al Ing. Geomar Vallejos Torrez coordinador del proyecto INNOVA CAFE (Clonación de plantas matrices de café con alta productividad y tolerancia a roya), a la Ing. Diana Ayala Montejo investigador principal y al Ing. Marco A. García Sánchez equipo técnico, por todo el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto de investigación.

ÍNDICE.	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
2.1.    Objetivos Generales .....	2
2.2.    Objetivos Específicos. ....	2
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
3.1.    Generalidades del cultivo de Café.....	3
3.1.1. Descripción botánica del cafeto. ....	3
3.1.2. Descripción de <i>Coffea arabica</i> L. ....	3
3.1.3. Características generales de la variedad Caturra. ....	5
3.1.4. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de café.....	6
A.    Altitud.....	6
B.    Humedad. ....	7
a)    Precipitación.....	7
b)    Humedad Relativa.....	8
C.    Temperatura. ....	8
D.    Luminosidad.....	8
E.    Suelos.....	9
3.1.5. Fenología del cafeto. ....	9
A.    Desarrollo foliar y su relación con el crecimiento y producción de la planta. ....	10
B.    Clima, desarrollo y producción del cafeto. ....	10
3.1.6. Propagación Asexual.....	11
A.    Posición y Madurez del Tejido. ....	12
a)    Topofisis.....	13
b)    Ciclofisis. ....	13
3.2.    La Roya del Cafeto.....	15
3.2.1. Síntomas.....	16
3.2.2. Etiología.....	18
A.    Ciclo de vida. ....	19
B.    Etapa de diseminación.....	19
C.    Etapa de germinación. ....	20
D.    Etapa de colonización.....	20
E.    Etapa de reproducción.....	21
3.2.3. Desarrollo de la epidemia de roya .....	22
A.    Curva de progreso de la enfermedad. ....	22
a)    Fase lenta.....	22
b)    Fase rápida o explosiva. ....	23
c)    Fase terminal o máxima. ....	23
B.    Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad. ....	25
a)    Factores bióticos. ....	25
b)    Factores abióticos. ....	29
3.2.4. Epidemiología. ....	33
3.2.5. Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de la roya. ....	34
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
4.1.    Ubicación del campo experimental.....	36
4.1.1. Ubicación Política .....	36

4.1.2. Ubicación Geográfica.....	36
4.1.3. Condiciones Ecológicas.....	37
4.2. Metodología.....	37
4.2.1. Diseño Experimental.....	37
A. Tratamientos en estudio. ....	37
4.2.2. Conducción del experimento .....	39
A. Limpieza del área.....	39
B. Instalación del vivero. ....	40
C. Plantas clonadas en estudio. ....	40
D. Colección de la fuente de inóculo (Esporas de roya).....	41
E. Control de maleza.....	42
F. Riego. ....	42
G. Preparación del inóculo de <i>Hemileia vastatrix</i> . ....	42
H. Infestación con roya a las plantas.....	45
4.2.3. Parámetros a evaluar.....	46
A. Severidad de roya en la planta. ....	46
B. Severidad de roya en las hojas.....	47
C. Números de puntos infección.....	47
D. Características del vigor de planta.....	48
a) Crecimiento de longitud.....	48
b) Crecimiento del diámetro de base.....	49
c) Hojas principales. ....	49
d) Hojas axilares.....	50
<b>V. RESULTADOS. ....</b>	<b>52</b>
5.1. Severidad de roya en la planta.....	52
5.2. Severidad de roya en las hojas. ....	53
5.3. Características del vigor de las plantas del cafeto.....	53
5.3.1. Crecimiento de longitud. ....	53
5.3.2. Crecimiento del diámetro de base. ....	55
5.3.3. Hojas principales.....	56
5.3.4. Hojas axilares .....	58
<b>VI. DISCUSIONES. ....</b>	<b>60</b>
6.1. Severidad de roya en la planta y hoja. ....	60
6.2. Características del vigor de las plantas del cafeto.....	61
6.2.1. Crecimiento de longitud. ....	61
6.2.2. Crecimiento del diámetro de base. ....	62
6.2.3. Hojas principales.....	64
6.2.4. Hojas axilares .....	65
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura	Título	Página
1	Alta asociación entre incidencia y severidad.	29
2	Fases de desarrollo de epidemia causada por <i>Hemileia vastatrix</i> .	30
3	Lugar de investigación.	39
4	Vivero acondicionado para el estudio de resistencia en clones de café Variedad caturra roja a la roya amarilla.	43
5	Colecta de fuente de inóculo de una hoja con la roya amarilla.	45
6	Proceso de introducción de la solución a la cámara Neubauer.	47
7	Cámara Neubauer visto al microscopio y cuadros celestes lugares donde se hizo el conteo.	48
8	Infestación con uredosporas de <i>Hemileia vastatrix</i> a los clones.	49
9	Escala de severidad en hoja propuesta por Senasica, (2013).	51
10	Medición de la altura de los clones durante el estudio de resistencia.	52
11	Medición del diámetro de los clones durante el estudio de resistencia.	53
12	Conteo de hojas principales a los clones durante estudio de resistencia.	54
16	Conteo de hojas axilares a los clones durante estudio de resistencia.	55
17	Clones sanos y libres de la roya amarilla después de la prueba de resistencia de plantas de café variedad caturra roja a la roya amarilla.	56



## ÍNDICE DE CUADROS.

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Tratamientos en estudio.	41
2	Contenido de unidades formadoras de colonia en el primer conteo.	48
3	Contenido de unidades formadoras de colonia en el segund0 conteo.	49
4	Escala de severidad en planta propuesta por Senasica.	50
5	Escala de severidad en hoja propuesta por Senasica.	50
6	Análisis de varianza para la severidad de roya en planta.	56
7	Análisis de varianza para la severidad de roya en hoja.	57
8	Análisis de varianza para el crecimiento en longitud.	57
9	Análisis de varianza para el crecimiento en diámetro.	59
10	Análisis de varianza para hojas principales.	60
11	Análisis de varianza para hojas axilares.	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

<b>Gráfico</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el crecimiento en longitud.	61
2	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el crecimiento en longitud.	61
3	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el crecimiento en diámetro.	62
4	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el crecimiento en diámetro.	63
5	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el número de hojas principales.	64
6	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el número de hojas principales.	64
7	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el número de hojas axilares.	65
8	Prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el número de hojas axilares.	66

## RESUMEN

El café es un cultivo de gran importancia a escala mundial y en el Perú es uno de los principales generadores de divisas desde el siglo XIX. Su producción en Perú y en América Latina se basa fundamentalmente en la especie *Coffea arabica* L., la cual produce una bebida de suave aroma y sabor.

La región San Martín cuenta con más de 92 mil hectáreas de café, que representan la economía de 35 mil familias que se dedican a la producción; el 95% de los cultivos de café de San Martín son convencionales y el 5% representa la producción orgánica de la zona. Dichas áreas han sido afectadas por la roya del café que es una enfermedad que limita seriamente la producción de *C. arabica*; su presencia está determinada por las condiciones climáticas, ya que la humedad relativa alta es necesaria para la esporulación y dispersión de las esporas, pero su resistencia genética es la principal forma de control del patógeno y ha sido transferida a variedades comerciales de *C. arabica* a través del híbrido de Timor (*C. arabica* y *C. canephora*). Las variedades más comunes que fueron afectadas por la roya son 'Caturra' y 'Típica' y en menor grado la variedad 'Catimor'.

Caturra roja, es una de las principales variedades cultivadas en la región San Martín que fue afectada por la roya, pero es una variedad con buenas características organolépticas en fragancia, aroma y sabor (café de calidad),(Estrella, 2015); lo que hace a esta variedad que tenga alta demanda en el mercado extranjero; por ello el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP-T) se ha propuesto desarrollar un trabajo de investigación que

permita identificar y producir material vegetativo de la variedad caturra roja resistente a roya.

Con esta propuesta, en el IIAP-SM se clonaron plantas matrices de cafeto variedad “caturre roja” tolerantes a roya, seleccionadas en los campos de los agricultores de dos pisos altitudinales, Altitud 1 (800 – 1 000 m.s.n.m.m) y Altitud 2 (1 001 – 1 200 m.s.n.m.m) para su evaluación de resistencia a roya en vivero.

La evaluación de la resistencia a roya del cafeto, dieron resultados en las que las plantas procedentes de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), presentaron mejores características como Altura (gráfico 1), Producción de hojas principales (gráfico 5) y Producción de hojas axilares (gráfico 7) en la resistencia a la roya del cafeto.

## SUMMARY

Coffee is an important world scale crop and Peru is one of the main foreign exchange earners since the nineteenth century. Its production in Peru and Latin America is fundamentally based on the species *Coffea arabica* L., which produces a drink of a smoothly aroma and flavor.

The San Martin region features more than 92,000 hectares of coffee, which represent the economy of 35 thousand families who are dedicated to its production; 95% of coffee crops in San Martin are conventional and 5% represents organic production in the area. These areas have been affected by rust of coffee, which is a disease that seriously limits the production of *C. arabica*; its presence is determined by weather, since high relative humidity is necessary for sporulation and dispersion of spores, but genetic resistance is the principal form to control the pathogen and have been transferred to commercial varieties of *C. arabica* to across of hybrid Timor (*C. arabica* and *C. canephora*). The most common varieties which were affected by rust are 'Caturra' and 'Typical' and to a lesser grade the variety 'Catimor'.

Red Caturra, is one of the major varieties grown in the San Martin region that was affected by rust, but it is a variety with good organoleptic characteristics in fragrance, aroma and flavor (quality of coffee), (Star, 2015); what makes this variety that has high demand in foreign markets; therefore the Research Institute



Peruvian Amazon (IIAP-T) has proposed to develop a research project to identify and produce vegetative material of variety red Caturra resistant to rust.

With this proposal, the IIAP-SM, matrices plants of cafeto "red caturra" variety were cloned, tolerant to rust, selected from the fields of farmers of two altitudinal belts, Altitude at 1 (800 - 1 000 m.s.n.m.m) and altitude 2- (1 001-1 200 m.s.n.m.m) for evaluation of resistance to rust in nursery.

The evaluation of rust resistance of cafeto, gave results on which the plants coming from Altitude 2- (1 001-1 200 msnmm), showed improved features like height (Figure 1) main leaves production (Figure 5) and axillary leaves production (figure 7) in rust resistance of cafeto.



## LISTAS DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

- **A.** Altitud.
- **ANVA.** Análisis de Varianza.
- **bs-T.** Bosque Seco Tropical.
- **C.** Clon.
- **CATIE.** Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza.
- **CENICAFE.** Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- **CIFC.** Centro de Investigaciones de las Royas del Café.
- **cm.** Centímetros.
- **cm<sup>2</sup>.** Centímetros cuadrados.
- **Ct.** Caturra.
- **CV.** Coeficiente de Variabilidad.
- **DCA.** Diseño Completamente al Azar.
- **IIAP-T.** Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
- **m.** metros.
- **mm.** Milímetros.
- **m.s.n.m.m.** Metros Sobre el Nivel Medio del Mar.
- **m<sup>2</sup>.** Metros cuadrados.
- **R<sup>2</sup>.** Coeficiente de determinación.
- **SENASICA.** Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- **SB.** Semilla Botánica.
- **SH.** Gen de resistencia a la roya amarilla presente en la planta de café.
- **T.** Tratamiento.
- **v.** Gen de virulencia correspondiente al hongo de la roya amarilla

## I. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de gran importancia a escala mundial y en el Perú es uno de los principales generadores de divisas desde el siglo XIX. Su producción en Perú y en América Latina se basa fundamentalmente en la especie *Coffea arabica* L., la cual produce una bebida de suave aroma y sabor. La región San Martín cuenta con más de 92 mil hectáreas de café, que representan la economía de 35 mil familias que se dedican a la producción; el 95% de los cultivos de café de San Martín son convencionales y el 5% representa la producción orgánica de la zona (Ministerio de Agricultura del Perú – minag.gob.pe).

La roya (*Hemileia vastatrix*) del café es una enfermedad que limita seriamente la producción de *C. arabica*; su presencia está determinada por las condiciones climáticas, ya que la humedad relativa alta es necesaria para la esporulación y dispersión de las esporas. La resistencia genética del cafeto es la principal forma de control del patógeno y ha sido transferida a variedades comerciales de *C. arabica* a través del híbrido 'Timor' (*C. arabica* x *C. canephora*). Las variedades más comunes que fueron afectadas por la roya son 'Caturra', 'Típica' y en menor grado la variedad 'Catimor'.

Con este trabajo de investigación, se buscó determinar la resistencia a *Hemileia vastatrix* (Roya del cafeto) en plantas clonadas del café, variedad 'caturra rojo', y proporcionar a los productores de café de la región San Martín material genético resistente y así garantizar una producción sostenible.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos Generales**

Evaluar la resistencia de plantas de Café Arábico (*Coffea arabica* L) variedad 'Caturra Roja' a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), bajo condiciones controladas.

### **2.2. Objetivos Específicos.**

2.2.1. Determinar la resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), de plantas clonadas de la variedad caturra roja provenientes de 2 pisos altitudinales.

2.2.2. Identificar el clon de la variedad caturra roja resistente a la infección con *Hemileia vastatrix* (roya amarilla).



### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

#### 3.1. Generalidades del cultivo de Café.

##### 3.1.1. Descripción botánica del cafeto.

El café pertenece a la familia Rubiáceas. El género *Coffea* incluye por lo menos 70 especies, de las que sólo resaltan por su valor comercial en grano para bebida estimulante: *Coffea arabica* Linneo y *Coffea canephora* Pierre. Esta planta produce frutos, conocido como cereza, que son de color verde en estado inmaduro y rojo-amarillento cuando madura (Alejo, 2000).

Clasificación de *Coffea arabica* L. (Alejo, 2000).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Tribu:	Cofeales
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>arabica</i> .

##### 3.1.2. Descripción de *Coffea arabica* L.

Es un arbusto perennifolio que puede llegar a medir hasta 6 m de altura, de forma cónica o irregular y bajo condiciones normales de crecimiento desarrolla un solo eje (Alejo, 2000).

La planta puede crecer con una sola raíz, pero después desarrolla múltiples raíces en la base o en la parte baja de la raíz principal o pivotante. Estas ramificaciones laterales son las responsables de la nutrición mineral y de proveer a la planta de agua. La mayoría de las raíces se distribuyen a 30 cm. de profundidad y en un radio de 2,5 m del tronco (Alejo, 2000).

Las hojas son elípticas, oblongas, lanceoladas, miden de 7 a 17 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, de color verde oscuro, brillante en el haz, cerosos y coriáceos, con un verde más pálido y menos brillante en el envés, con nervadura central prominente y márgenes de ondulaciones diversas (Morfin, Castillo y Vizcaíno 2006).

Las flores se agrupan en una inflorescencia llamada cima, normalmente se presentan de dos a tres cimas por axila, con dos a cuatro flores por cima, es decir, de cuatro a 12 flores por axila. Las flores individuales son completas, hermafroditas y autógamas, presentan cáliz, corola, estambres y pistilo, son de color blanco y miden de 6-12 mm de largo y 3-4 de ancho, tienen un ovario ínfero con dos óvulos (Morfin *et al.* 2006).

El fruto es una drupa ovoide conocida como cereza que mide de 10-17 mm de largo por 8-14 mm de ancho, consta de epicarpio o epidermis, mesocarpio o pulpa, endocarpio o pergamino y endospermo o semilla, es de color verde en estado inmaduro,

para convertirse de rojo a amarillo cuando madura. (Morfin *et al.* 2006).

Las semillas de café son oblongas, planoconvexas, cubiertas por una película plateada o perisperma (vestigios del tegumento del óvulo). La semilla consta de endospermo cuya coloración es verde oscuro amarillento, mide de 10 a 15 mm de largo por 5–10 mm de ancho, con un embrión pequeño basal de 1 a 2 mm. La semilla se encuentra cubierta por un endocarpio fibroso, conocido como pergamino, el endospermo es córneo formado por hemicelulosa, proteínas, cafeína, aceite, azúcares, dextrina, celulosa, ácido clorogénico y otros compuestos. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza alrededor de los 220 días después de la antesis y carece de periodo de latencia, siendo capaces de germinar en forma inmediata (Morfin *et al.* 2006).

### **3.1.3. Características generales de la variedad Caturra.**

Caturra. Se le considera una mutación del cultivar Bourbon, cuyas características son controladas por un gen dominante Ct (Caturra). Sus principales características son: entrenudos cortos, ramas laterales abundantes con pronunciada a la ramificación secundaria, lo cual le da a la planta un aspecto vigoroso y compacto.

En la mayoría de los ensayos Caturra no solo es precoz sino que además supera en producción a las líneas comunes Typica y Bourbon, debido a su mayor número de flores por inflorescencia y de inflorescencias por axila (Morfin *et al.* 2006).

- a) Originario de Brasil. Mutación de Bourbón.
- b) Porte bajo, compacto (1,80 m)
- c) Bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal.
- d) Hojas terminales color verde tierno.
- e) Hojas redondeadas y brillantes.
- f) Entrenudo corto.
- g) Excelente productor.
- h) Resistente al viento.

#### **Características del progenitor Bourbón.**

- a) Variedad de porte alto (3,00m).
- b) Bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal.
- c) Entrenudos más cortos que el Typica.
- d) Hojas terminales de color verde tierno.
- e) Hojas más redondeadas y brillantes que el Typica.
- f) Producción alta.
- g) Poco resistente al viento.

### **3.1.4. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de café**

#### **A. Altitud.**

La altitud donde se encuentran establecidas las plantaciones, está fuertemente ligada con la calidad de bebida del café. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 1 000 y 2 000 m.s.n.m.m. Por encima de este nivel altitudinal se

presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta, de donde se puede obtener un café de excelente calidad, por sus características organolépticas (sabor, aroma, cuerpo, y acidez). Sin embargo, existen algunas variedades nuevas de la especie *C. canephora* que a menor altura también producen café de buena calidad (Morfin *et al.* 2006).

## **B. Humedad.**

Comprende dos factores:

### **a) Precipitación.**

La precipitación media anual requerida por el cafeto es de 1 800 a 2 000 mm distribuidos a través del año con un periodo de sequía de dos a tres meses, el cual coincide con un periodo de reposo vegetativo, para dar inicio a la floración (Morfin *et al.* 2006). Sin embargo, una precipitación de 1 500 mm distribuida en forma uniforme puede ser suficiente, por debajo de ésta el crecimiento de la planta se ve limitado afectando la cosecha del año siguiente. Los periodos prolongados de sequía propician la caída de las hojas, limitan la actividad fotosintética y por consecuencia la cosecha disminuye y en algunos casos puede llegar hasta la muerte de los cafetales. Con precipitaciones superiores a 3 000 mm la calidad física del café y la calidad de taza se deterioran (Morfin *et al.* 2006).

#### **b) Humedad Relativa.**

Se ha determinado que la humedad del aire no es un factor determinante en el cultivo del café. No obstante, se señala que un promedio de humedad relativa, de 70 a 95 %, es recomendable para *Coffea arabica*. (Morfin *et al.* 2006).

#### **C. Temperatura.**

La temperatura media mensual óptima para el desarrollo del cafeto son de 19 a 22°C y con mínimas de 16° C y máximas de 25 °C, valores superiores o inferiores a éstos causan daños severos a la planta (Alejo, 2000). Las temperaturas que oscilan entre 17°C y 23°C durante la noche y el día, respectivamente, son las más favorables para la iniciación floral, dado que a temperaturas altas se marchitan los botones florales; cuando la temperatura es inferior a 10°C, se produce clorosis por la muerte de los cloroplastos, lo cual detiene el crecimiento de la planta (Alejo, 2000). Temperaturas de 34°C causan daños permanentes a la planta.

#### **D. Luminosidad.**

Los cafetos requieren de 1 500 a 2 500 horas efectivas de luminosidad, siendo importante por su intensidad, duración diaria y distribución durante el año. La planta requiere de 200 a 280 horas luz durante los meses secos y de 100 a 150 en los meses húmedos (Alejo, 2000).

## **E. Suelos.**

Los mejores suelos para el cultivo del café son aquellos profundos, permeables y textura franca, ya que en estos las raíces no tienen dificultad. El suelo ideal debe tener un espacio poroso de 60% del cual la mitad debería ser ocupada por aire cuando se encuentre en condiciones de humedad. El café se desarrolla bien en suelos ácidos con pH de 4,5 a 5,5. Es importante considerar las propiedades físicas del suelo para la nutrición (Silva, Várzea, Guerra, Gil, Fernandez, Petitot, Bertrand, Lashermes y Nicole, 2006).

### **3.1.5. Fenología del cafeto.**

El café tiene dos periodos de rápido crecimiento de rebrotes, floración y fructificación por presentar dos estaciones secas y dos estaciones húmedas.

Un cafeto bien manejado puede ser productivo hasta 80 años o más, pero la vida útil económica de la plantación raramente llega a los 30 años (Wintgens, 2009). La plántula de café emerge entre los 45 y 50 días, después pasa al vivero y del vivero al trasplante definitivo en el campo cuando la planta tiene de cinco a seis meses de edad y tenga por lo menos seis pares de hojas verdaderas. El café toma tres años desde la germinación de la semilla hasta la producción de frutos (Wintgens, 2009).

#### **A. Desarrollo foliar y su relación con el crecimiento y producción de la planta.**

Las hojas del cafeto. Son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento, desarrollo vegetativo y reproductivo, éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Las hojas también cumplen otras funciones como proteger las yemas, las flores y los frutos, de las condiciones climáticas adversas como el granizo y el exceso de radiación, entre otros (Gliessman, 2002).

#### **B. Clima, desarrollo y producción del cafeto.**

A continuación se presentan ejemplos de la influencia del clima en el crecimiento, desarrollo y producción de plantas de café. Con respecto a los almácigos, investigación en Colombia sobre la mejor altitud para producir planta (1 050 – 1 250 – 1 550 – 1 850 – 2 050 m.s.n.m.m.) demostró que a los seis meses de edad solo están listas para trasplante las plántulas ubicadas a altitudes inferiores a 1 600 m.s.n.m.m., que estos almácigos pueden establecerse con sombra y a altitudes cercanas a 2 000 metros no deben instalarse almácigos de café (Gliessman, 2002).

Gran parte de la influencia benéfica de la altitud en la determinación de la calidad del café es atribuida a los cambios en temperatura y humedad que se producen al ascender altitudinalmente. Altitud y temperatura presentan correlaciones negativas entre sí, donde por cada 100 m que se asciendan



verticalmente se disminuyen entre 0,5 – 0,6 °C (Wintgens, 2004; Gliessman, 2002). Esta reducción en la temperatura se debe a la disminución en el grosor de la atmósfera conforme se asciende altitudinalmente; esto provoca mayor pérdida de calor por la irradiación que ocurre durante la noche. Además, niveles de nubosidad considerables durante el día en zonas con mayores altitudes producen una disminución adicional en el aprovechamiento de la radiación (Gliessman, 2002).

### **3.1.6. Propagación Asexual**

El desarrollo normal de una planta durante la propagación depende en gran parte de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Las hormonas vegetales o fitohormonas son aquellas sustancias sintetizadas en un determinado lugar de la planta y que se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo, reproducción y otras funciones de las plantas. Hay cinco (5) grupos principales de hormonas y reguladores de crecimiento, las auxinas, giberelinas, citoquininas, el ácido abscísico y el etileno. A cada grupo se les ha asignado un efecto dominante, pero es común encontrar efectos contradictorios en la respuesta fisiológica asociada a cada etapa de desarrollo (vegetativa y reproductiva). En el momento de optar por la propagación vegetativa la regulación hormonal dependerá de la especie (genotipo), del ambiente (estímulos físicos) y la respuesta se verá afectada por la

concentración y proporción de cada una de estas hormonas (Duarte, 1984).

#### **A. Posición y Madurez del Tejido.**

La idea común de que las estacas de un árbol son genéticamente idénticas y por lo tanto, deben crecer de la misma manera, es errónea. Algunos genes pueden ser activados o desactivados por el ambiente o unos ser más eficaces que otros durante la ontogenia de la planta o por efecto de algún tratamiento externo a la planta progenitora.

De igual manera la proporción de hormonas y reguladores son diferenciales para las diferentes etapas de desarrollo, esto obviamente se reflejará en la fisiología del árbol. El ejemplo más claro es cuando dos esquejes o propágulos provenientes de la misma planta suelen crecer en forma distinta o simplemente no producen raíces; las causas de este comportamiento se encuentran en la posición original que tenían estos esquejes en la planta, la edad al momento de ser obtenidos y por las condiciones ambientales a las que estuvo expuesta la planta donadora. Se conocen como Topofisis a los efectos de la posición u origen y Ciclofisis a los efectos de la edad (Escobar, Zuluaga y Osorio, 2 002).

#### **a) Topofisis.**

Este es el efecto de la posición original del propágulo en la planta donadora, reflejándose en una respuesta en crecimiento plagiotrópico u ortotrópico. El crecimiento plagiotrópico de una planta se refiere a la situación en la cual el propágulo vegetativo no se desarrolla en forma de un árbol, sino que continúa creciendo como una rama. Por el contrario el crecimiento ortotrópico se refiere a que el propágulo se desarrolla en la forma erecta o normal del árbol. Las diferencias de crecimiento y desarrollo cuando ocurre el plagiotropismo son muy frustrantes, como resultado, las plantas que se originan no muestran el patrón de crecimiento deseado o la misma forma del árbol donante (Escobar, *et al.* 2002).

#### **b) Ciclofisis.**

Este es el efecto de la edad del propágulo en la planta, y se expresa como una condición de juvenilidad o madurez en el crecimiento de la nueva planta.

Una diferencia entre plantas y animales radica en la localización del crecimiento; aunque las plantas, como los animales, exhiben fase embrionaria, juvenil, adolescente y adulta, hay una diferencia en la manera en que los animales y plantas crecen y envejecen. Cuando un animal joven crece, lo hacen todas las partes de su cuerpo, así todas las

células de un cuerpo maduro son más o menos iguales, por otro lado cuando las plantas crecen, sus células se dividen, desarrollan capas consecutivas en los meristemos que están constituidos por células que se encuentran en continua división y que retienen esa capacidad de dividirse por mitosis, las células hijas van perdiendo ese rasgo a medida que se van diferenciando. Así el desarrollo ocurre en el meristemo cuando los brotes crezcan y la persistencia de los meristemos significa que las plantas retienen durante toda su vida la capacidad de crecer. Esto se observa con más claridad en un árbol donde paradójicamente, la base que cronológicamente es la parte más vieja pero en edad ontogénica (formación de la célula) es la menos madura, mientras que la corona que cronológicamente es la parte más joven ontogenéticamente es la más madura. Así las yemas laterales, son a menudo dormantes debido a la fuerte dominancia apical de la yemas en la punta o copa, pero estas células de las yemas laterales conservan latente el nivel ontogénico de madurez que ellas tenían cuando se originaron, así una vez ellas empiezan a crecer, empiezan a desarrollar siguiendo los pasos de desarrollo ontogénico (Escobar, *et al.* 2002).

### 3.2. La Roya del Cafeto.

La roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk et. Br, pertenece a la familia Chaconiaceae, y es una de las enfermedades más limitativas de la caficultura mundial. (Rodríguez y Moreno, 2002) (Moreno, 2004) (Silva et al. 2006). Se encuentra diseminada en todos los países donde es cultivado el café y puede causar pérdidas de 10% a 40% de la producción (Silva et al. 2006).

Clasificación de *Hemileia vastatrix*. (Cummins y Hiratsuka, 2003).

Reino:	Fungi
División:	Basidiomycota
Subdivisión:	Urediniomycotina
Clase:	Urediniomycetes
Orden:	Uredinales
Familia:	Chaconiaceae
Género:	<i>Hemileia</i>
Especie:	<i>vastatrix</i>

La roya apareció en África Oriental en 1861, pero fue reportada por primera vez a principios de 1869 en la isla asiática de Ceilán (Moreno, 2004). La gama de resistencia genética contra este patógeno observada en los cafetales silvestres de Etiopía apoya la hipótesis de que la enfermedad se originó en África. La diseminación hacia América Latina se inició en el territorio de Brasil, donde se detectó por primera vez en 1970.

Sobre su introducción a esta región existen dos versiones:

Las urediniosporas (o urediniosporas) serían transportadas por los vientos alisos desde el África. Introduciéndose accidentalmente a través, de material vegetal o ropas contaminadas. Luego, desde Brasil, se diseminó a todos los demás países latinoamericanos (Silva *et al.* 2006).

La agresividad de la enfermedad se debe a la abundancia del inoculó y la rápida diseminación influenciada por los factores ambientales (Aguilar, 1995). La fuerte defoliación causada por la enfermedad se traduce en disminuciones significativas de la producción (Moreno, 2004). Con un nivel de infección de 68% se han reportado pérdidas de producción de hasta 48%, además se ha constatado que la roya acentúa el ritmo bienal de la producción (Silva *et al.* 2006).

### **3.2.1. Síntomas.**

Los primeros síntomas de la enfermedad consisten en pequeñas lesiones amarillentas aparecen alrededor del punto de penetración (envés de las hojas), que con el tiempo se unen y producen las urediniosporas de color anaranjado característico; en el haz se observa manchas cloróticas y finalmente las lesiones se vuelven necróticas, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar (Silva *et al.* 2006). En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es traslúcida y si

se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque no forman esporas.

Cuando las manchas de la hoja atacada por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer. Es común que antes de que el tejido foliar se torne marrón, las esporas pueden aparecer más pálidas en la masa central de la lesión perdiendo su tinte anaranjado. El porcentaje de esporas con contenido hialino aumenta hacia el centro de la lesión y que la pérdida de color no se debe necesariamente al envejecimiento de las esporas in situ, ya que al ser removidas puede producirse una nueva generación de esporas hialinas. La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium hemileia* Bour. En etapas avanzadas del ataque, la mayor parte del área afectada muere y solamente de vez en cuando, cerca del margen, sobreviven áreas amarillento-anaranjadas portadoras de esporas (Silva *et al.* 2006). Las lesiones comúnmente pueden ser limitadas por la nervadura principal y con menos frecuencia por una vena lateral, pero a veces estas barreras apenas retardan la expansión de una lesión o tienen poco efecto. La apariencia exacta de una lesión puede variar de acuerdo con la variedad del cafeto, según la susceptibilidad. Tales variaciones

pueden afectar el tamaño de las lesiones, la proporción del área que muere y el espesor de la capa de polvo formada por las esporas a veces se puede apreciar una zonificación circular de la parte amarillo-naranja de las lesiones (Silva *et al.* 2006).

La abscisión de hojas muy atacadas, una planta afectada severamente puede perder gran parte de su follaje, lo que a su vez puede conducir a una muerte descendente (dieback) más o menos pronunciada de sus ramas. Este efecto depende del clima reinante en ese momento, de la cosecha que produce el árbol y de la reserva de carbohidratos (Calderón, 2011, Orosco, 2011).

La receptividad de las hojas a la roya aumenta en la fase de producción, debido a la desprotección de las hojas por migración de compuestos fenólicos (sustancias que intervienen en la defensa) hacia los frutos; además una fuerte intensidad lumínica y temperaturas altas aumentan la receptividad de las hojas. Luego de la penetración, la resistencia genética, el potencial hídrico del suelo, la humedad relativa y la temperatura son factores determinantes de la colonización de la hoja por el hongo (Calderón, 2011, Orosco, 2011).

### **3.2.2. Etiología**

*Hemileia vastatrix* es un hongo obligado que afecta las hojas de las especies del género *Coffea*, básicamente *C. arabica* (Aguilar, 1995) (Avelino, Muller, Santacreo y Holguín, 1999), y se multiplica principalmente a través de la urediniospora, la cual es una



espora binucleada característica del grupo de los uredinales (Avelino *et al.* 1999).

#### **A. Ciclo de vida.**

El ciclo de infección de *Hemileia vastatrix* tiene las siguientes tres fases resumidas por Calderón y Orosco, (2011):

- a) Esporulación (producción de esporóforos, esporas y su maduración).
  - b) Diseminación (liberación de esporas, dispersión, llegada de un nuevo hospedero).
  - c) Infección (germinación, penetración y colonización).
- (Avelino *et al.* 1999).

Las urediniosporas son reniformes y miden de 28 a 36 micras, la pared es hialina muy verrugosa en la cara convexa y lisa en la cara recta o cóncava, y con una micra de espesor. Las teliosporas son más esféricas y miden de 20 a 28 micras de diámetro: la pared es hialina, lisa y con 1 micra de espesor (Avelino *et al.* 1999).

Las teliosporas son estructuras de resistencia y se producen solamente en raras ocasiones, estas esporas fueron observadas por primera vez en material procedente de Sumatra, en 1878, en Ceilán fue observada en 1880 (Avelino *et al.* 1999).

#### **B. Etapa de diseminación.**

Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas urediniosporas, que producidas en grandes cantidades

corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad (Castro, Charles y Barreto, 2009).

### **C. Etapa de germinación.**

Es el proceso donde la espora una vez depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6 a 12 horas. Para esta etapa, el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna luminosidad, y temperaturas entre 16°C y 28°C. El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas, que son aberturas naturales de la hoja para el intercambio gaseoso en la respiración (Castro *et al.* 2009).

### **D. Etapa de colonización.**

Una vez ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta, y con los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde y en este momento se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina período de incubación, el cual varía de acuerdo con la temperatura, que puede estar entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra (Castro *et al.* 2009).

## **E. Etapa de reproducción.**

Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas a razón de 1 600 urediniosporas por milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ) de hoja, por un período de 4 a 5 meses y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina período de latencia. Para la zona cafetera de Colombia, el período de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra. En investigaciones recientes realizadas por CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones de Café), en esos mismos lugares, se apreció el efecto de las variaciones climáticas de los últimos años sobre la roya, en particular sobre esos períodos de incubación y de latencia los cuales transitoriamente sufren aumentos o disminuciones, comparados con los valores anteriores dependiendo de las condiciones ambientales como la temperatura en este caso (Castro *et al.* 2009).

El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces dentro de un cultivo durante el mismo período de cosecha, por lo que se considera a la roya del cafeto como una enfermedad policíclica.

### **3.2.3. Desarrollo de la epidemia de roya**

En la zona tropical el desarrollo epidemiológico del hongo comprende cuatro fases:

- a) Fase de desarrollo lento,
- b) Fase de crecimiento acelerado.
- c) Fase de infección máxima.
- d) Fase de descenso.

#### **A. Curva de progreso de la enfermedad.**

La curva de desarrollo de la enfermedad está relacionada a cinco factores principales, la lluvia (rangos de precipitación según establecido en la figura 1), la temperatura (15°C - 29 °C), la carga fructífera, la época de cosecha y el inóculo residual (Avelino *et al.* 1999).

Una epidemia avanza progresivamente tanto en el tiempo como en el espacio, con tres fases claramente reconocibles en procesos policíclicos, como el de la roya del cafeto, que se representan en una curva de progreso en las dos dimensiones:

##### **a) Fase lenta.**

La epidemia inicia con la infección de unas pocas hojas, en las que no se observan síntomas sino hasta después de haber transcurrido el período de incubación, donde la producción de los primeros soros, que liberan nuevas esporas, confirmará la presencia de la roya. Durante esta fase las infecciones solo se aprecian en menos de 10 de cada 100 hojas en el arbusto. (Castro *et al.* 2009).

**b) Fase rápida o explosiva.**

Si las condiciones lo permiten, como resultado de la primera fase ya existe una gran cantidad de inóculo dispersándose dentro del árbol y entre los árboles del lote, de manera que ocurren muchas más infecciones por unidad de tiempo. Durante un período de 2 a 3 semanas la enfermedad puede llegar a estar presente en 30 ó más hojas de cada 100 hojas del árbol (Castro *et al.*2009).

**c) Fase terminal o máxima.**

Finalmente, las hojas atacadas severamente van cayendo del árbol, y el número de hojas sanas es muy reducido como para continuar con la alta tasa de infección y reproducción, por lo que la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedero y la epidemia termina (Castro *et al.*2009).

La medición del desarrollo de la epidemia se puede hacer determinando la proporción de hojas con roya en un árbol y eventualmente en todo el lote, valor conocido como *incidencia*, y también calculando el porcentaje de área enferma en la hoja, valor que se denomina la *severidad*. En el campo (Figura 1), las evaluaciones de roya en variedades susceptibles han evidenciado.



Figura 1: Alta asociación entre incidencia y severidad.  
Fuente: Castro *et al.*, 2009.

Así mismo otros estudios han identificado la asociación entre la incidencia y la severidad, identificando que a mayor número de hojas enfermas, mayor es el área foliar afectada (Figura 2).

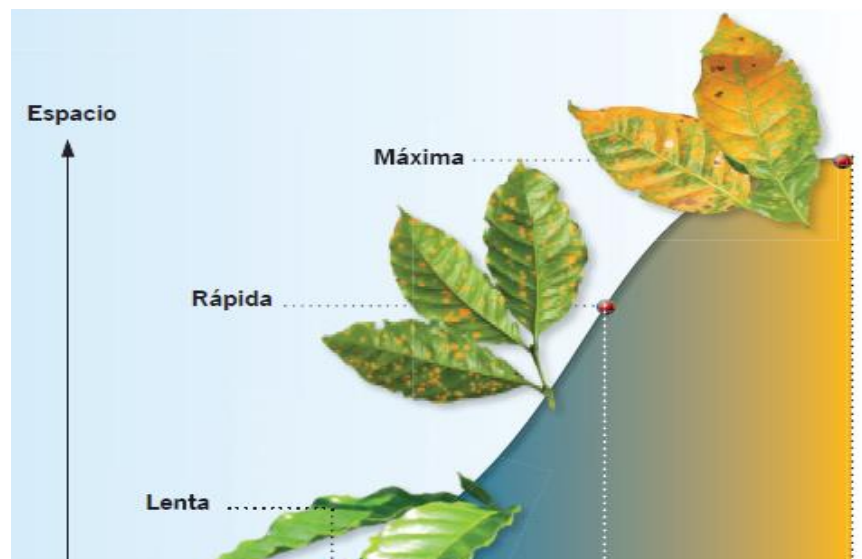


Figura 2: Fases de desarrollo de epidemia causada por *Hemileia vastatrix*. Fuente: Castro *et al.*, 2009.

## B. Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad.

La ocurrencia de una enfermedad de carácter epidémico, como es el caso de la roya del cafeto, está relacionada con factores bióticos (condiciones del hospedante y del patógeno) y factores abióticos (ambiente), los cuales se describen a continuación:

### a) Factores bióticos.

En general, todas las especies cultivadas de café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también lo son las especies silvestres (Varzea y Marques, 2005).

#### ➤ Variedades Resistentes.

En las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo

no compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial. En variedades de café con resistencia incompleta (horizontal), el patógeno se establece, pero el número de lesiones es menor, el período de la latencia es más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible. En estas plantas se reduce la tasa de infección y también algunas veces el inóculo potencial indirectamente (Varzea y Marques, 2005).

Cuando una planta de café se enferma, significa que el gen de resistencia (SH) presente en la planta, tiene el gen de virulencia (v) correspondiente en el hongo. El proceso para el surgimiento de una nueva raza es un fenómeno natural e irreversible de los hongos patógenos de plantas utilizado para sobrevivir; y en muchas ocasiones su aparición está condicionada a las barreras genéticas que se crean para evitar su ataque en las plantas mejoradas con resistencia a la enfermedad, aumentando de este modo la virulencia del patógeno, es decir, su capacidad de infectar o producir enfermedad en una planta que no podía atacar anteriormente. Estudios desarrollados en el CIFIC (Centro de Investigaciones de



las Royas del Café) en Portugal en el año 1984, determinaron la existencia de la Raza II en Costa Rica. Esta raza tiene únicamente un gen de virulencia (vs) y es capaz de causar enfermedad en las variedades que tienen únicamente el gen de resistencia SH5 como: 'Caturra', 'Catuai', 'Villa Sarchi', 'Borbón', 'Híbrido Tico', 'Mundo Novo', 'Típica', 'Geisha', entre otros; no así en variedades mejoradas que tienen más genes de resistencia como: SH6, SH7, SH8, SH9, SH10 que se encuentran en 'Catimores', 'Sarchimores' y 'Cavimores' (Varzea y Marques, 2005).

Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y edad de la hoja.

➤ **Edad de la hoja.**

La edad fenológica de una hoja influye en los componentes de la resistencia como son: tasa de infección y en los períodos de incubación y latencia. Este comportamiento diferencial se ha explicado en parte por: aumento en el espesor de la pared celular, el aumento de la presión osmótica y la acumulación de sustancias como fenoles y enzimas (Varzea y Marques, 2005).

Se ha encontrado que en hojas de café de diferentes edades inoculadas, la esporulación ocurría más temprano y era más abundante cuando se empleaban hojas jóvenes, igualmente se podía detectar presencia de micelio en las hojas dentro de un lapso de 3 a 4 días después de la inoculación (Varzea y Marques, 2005).

La germinación de las urediniosporas sobre hojas jóvenes es 2 a 4 veces más alta que sobre hojas adultas. La producción de uredósporas es más rápida en hojas jóvenes (20 a 22 días), que en hojas adultas (25 a 28 días); en hojas viejas las lesiones se forman entre 30 y 35 días (Varzea y Marques, 2005).

Las hojas nuevas de café, son probablemente, las más susceptibles y las más frecuentemente infectadas bajo condiciones de campo; esa susceptibilidad decae con el avance en edad y la infección en hojas muy jóvenes es probablemente baja o sin importancia debido a las propiedades físicas de la superficie (Varzea y Marques, 2005).

## **b) Factores abióticos.**

### **➤ Temperatura.**

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del cafeto debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido éste sobre el período de incubación y latencia. Temperaturas por debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las urediniosporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la roya (Cadena, 1982).

Temperatura por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo (Cadena, 1982). En estudios del efecto de la temperatura sobre la germinación de las urediosporas de *H. vastatrix* en PDA y discos de hoja se encontró que en PDA la temperatura óptima para la germinación fue de 22°C, con una mínima de 15°C y una máxima de 29°C. Sobre discos de hojas, se encontró un comportamiento bi-modal con dos picos: uno a los 21°C y otro a los 25°C, separados ambos por una marcada depresión de la germinación entre los 23 y 24°C. Se encontró además que, cuando las uredósporas son sometidas a temperaturas bajas, seguidos por temperaturas más elevadas y humedad favorable, hay un sensible aumento en la capacidad de germinación

comparada con las temperaturas constantes (Avelino y Galileo, 2013).

➤ **Luz.**

De acuerdo con los estudios de la biología de *H. vastatrix*, la luz es un factor determinante para la germinación de las uredósporas, para el inicio del proceso infectivo y para la sobrevivencia o viabilidad de las esporas producidas, o sea, para la cantidad de inóculo efectivo disponible para la iniciación de una epidemia (Avelino y Galileo, 2013).

La luz tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredósporas del hongo. La ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo. Intensidad lumínica superior a 2,5 bujías/pie reducen gradualmente el desarrollo de las lesiones y de la germinación, sin embargo, ésta aún se realiza bajo una intensidad de 10 bujías/pie. La duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo en cambio necesario nueve horas para un máximo de infección (Avelino y Galileo, 2013).

➤ **Precipitación.**

La precipitación es quizás el factor ambiental más estudiado en relación con la evolución de la roya del cafeto a través del tiempo. La disponibilidad de agua o balance hídrico es otro factor que indirectamente influye

sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de café. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas, está relacionado con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección.

La lluvia actúa como factor determinante en la germinación de las esporas, en su dispersión, e indirectamente sobre otros factores ambientales tales como la humedad relativa (mayor al 50%), la temperatura (15°C – 29°C) y la luminosidad. También parece ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles (Avelino y Galileo, 2013).

➤ **Humedad relativa.**

La humedad relativa en el aire de 95 y 98% son inadecuadas para estimular la germinación. Aún en atmósfera saturada, la germinación no tiene lugar cuando no hay agua líquida en contacto con las esporas (Avelino y Galileo, 2013).

➤ **Altitud.**

Las variaciones de altitud conllevan variaciones en la temperatura por lo que a menores altitudes (650 m.s.n.m.m.) la temperatura aumenta y la presencia de la roya es mayor (Avelino y Galileo, 2013).

➤ **La temperatura y la altitud**

La germinación es muy dependiente de las condiciones de temperatura. La formación del apresorio y la progresión del hongo en la hoja también dependen de esta variable. El resultado de estos efectos es que el periodo de incubación se acorta extremadamente en los meses en que las temperaturas no son ni excesivas ni demasiado bajas. En Honduras, a 750 m de altitud, de febrero de 1982 a enero de 1983, los periodos de latencia fluctuaron entre 29 y 62 días. Los periodos más cortos se observaron en agosto y septiembre, meses en que las temperaturas se mantuvieron entre 18°C y 27 °C. A una altitud de 1 200 m.s.n.m.m., los periodos de latencia se alargaron debido a las temperaturas más bajas. Estos oscilaron entre 40 y 80 días. En El Salvador, a 465 m.s.n.m.m. de altitud, de mayo de 1984 a septiembre de 1985, se observaron periodos de latencia con duraciones de 27 a 45 días. Los periodos de latencia más cortos ocurrieron en los meses de julio, agosto y

septiembre cuando las condiciones de clima y especialmente de temperatura (18,8 y 27,7°C) fueron más favorables a la enfermedad. Lo anterior explica que los máximos de infección y la forma de la curva de progreso de la epidemia varíen en función de la altitud. En México, de marzo de 1988 a abril de 1989, se observó que a mayor altitud los niveles de infección alcanzados eran menores a 1 100 m de altitud, se obtuvo una infección máxima de 16% de hojas jóvenes enfermas, a 730 m.s.n.m.m. el porcentaje fue de 24%, mientras que a 460 m.s.n.m.m. se alcanzó un porcentaje de 32%. La precocidad de los ataques también siguió la misma tendencia a 460 m.s.n.m.m. de altitud se necesitaron 206 días, a partir del inicio del estudio, para llegar al 50% del desarrollo de la epidemia (mes de octubre), a 730 m.s.n.m.m. se necesitaron 223 días (noviembre), mientras que a 1 100 m.s.n.m.m. de altitud, 305 días fueron necesarios (enero). El efecto negativo de la altitud sobre la roya anaranjada ha sido descrito en todos los continentes (Avelino y Galileo, 2013).

#### **3.2.4. Epidemiología.**

En general todas las especies de café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también las especies silvestres. La planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas

las etapas de su desarrollo, desde el estado cotiledónea hasta la etapa productiva en el campo (Avelino y Galileo, 2013).

En algunas variedades de café que poseen resistencia horizontal y son infectadas, el patógeno se establece en ellas, pero, bien el número de lesiones es menor, el período de latencia más prolongado o, la cantidad de esporas producidas por pústula es menor que en una variedad susceptible. En este tipo de variedad con resistencia horizontal se reduce la tasa de infección y también algunas veces afecta el inóculo inicial indirectamente (Avelino y Galileo, 2013).

#### **3.2.5. Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de la roya.**

En experimentos realizados se ha observado que en una atmósfera calmada cada fascículo de uredósporas que brotaba por un estoma, formaba cadenas de uredósporas colgando hacia abajo, las que se caían con el menor movimiento de la hoja fueron llevadas por el viento.

También se observó que en los primeros estados de aparición de un foco de la enfermedad, las lesiones se producen con mayor abundancia cerca de los bordes inferiores de las hojas y que las esporas depositadas en la superficie superior eran lavadas por el agua alrededor de los bordes y depositadas en la superficie inferior, donde germinaban y producían infecciones. Finalmente se insinuó que una manera como las esporas podrían llegar al envés de las hojas era mediante vientos violentos que las llevaban hacia arriba,



siendo las hojas entonces salpicadas con gotas de lluvia que contenían esporas (Avelino y Galileo, 2013).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del campo experimental.

El trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), en vivero, que se encuentra ubicado en el distrito de Morales – provincia y departamento de San Martín; fue financiado por Fincyt y tuvo una duración de 7 meses, y contó con la asesoría de especialistas del IIAP-T. y del Ing. Eybis José Flores García de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

#### 4.1.1. Ubicación Política

Distrito : Morales

Provincia : San Martín

Región : San Martín

#### 4.1.2. Ubicación Geográfica.



Figura 3: Lugar de investigación.  
Fuente: [google.com.pe/maps](https://www.google.com/maps).

Latitud sur : 76° 22'

Longitud oeste : 6° 28'

Altitud : 330 m.s.n.m.m.

#### **4.1.3. Condiciones Ecológicas.**

Holdridge, 1985, indica que el área de trabajo se encuentra en la zona de vida de Bosque seco Tropical (bs – T) en la selva alta del Perú.

### **4.2. Metodología**

#### **4.2.1. Diseño Experimental.**

El trabajo fue una investigación cuantitativa, se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA), en estudio de dos pisos altitudinales, Altitud 1 (800-1 000 m.s.n.m.m.) Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), y Tipo de Propagación (Plantas clonadas y Plantas propagadas por semilla botánica); con 8 tratamientos (Cuadro 2) y 3 repeticiones (cada planta corresponde una repetición).

#### **A. Tratamientos en estudio.**

Los códigos de los clones en estudio (cuadro 1), fueron establecidos por el IIAP-T. mediante estudios realizados a inicios del año 2014, estudio que consistió en identificar plantas matrices de 6 variedades (catimor, caturra rojo, caturra amarillo, nacional, bourbon, catuai) de café de las provincias de Moyobamba, Lamas, Rioja, El dorado y Huallaga, que hayan resistido en cierto grado la roya amarilla del cafeto para propagarlos e iniciar estudios de resistencia que terminarían siendo plantas hélices para mejorar los sembríos en la región San Martín.

Los códigos se establecieron del 1 al 300 en cada provincia y siguiendo el nivel de altitud del lugar de donde se encontraba las plantas matrices en dicha provincia, por lo tanto los códigos con los primeros números se registraban a las altitudes inferiores de cada provincia. Los códigos para este trabajo de investigación solo son de las provincias de Lamas y el Dorado.

Cuadro 1: Tratamientos en estudio.

Numero de Tratamiento	Clave	Descripción
T1	C120A1	Planta del clon 120, de 800-1 000 m.s.n.m.m.
T2	C129A1	Planta del clon 129, de 800-1 000 m.s.n.m.m.
T3	C130A1	Planta del clon 130, de 800-1 000 m.s.n.m.m.
T4	C71A2	Planta del clon 71, de 1 000-1 200 m.s.n.m.m.
T5	C137A2	Planta del clon 137, de 1 000-1 200 m.s.n.m.m.
T6	C221A2	Planta del clon 221, de 1 000-1 200 m.s.n.m.m.
T7	SBA1	Planta propagada por semilla Botánica, de 800-1 000 m.s.n.m.m.
T8	SBA2	Planta propagada por semilla botánica, de 1 000-1 200 m.s.n.m.m.

**Leyenda:**

- a. SB : Semilla botánica.
- b. A1 : Altitud de 800-1 000 m.s.n.m.m.
- c. A2 : Altitud de 1 001-1 200 m.s.n.m.m.
- d. C (120, 129, 130): Clon de planta de los códigos (120, 129, 130) procedentes de 800-1 000 m.s.n.m.m.
- e. C (71, 137, 221) : Clon de plantas de los códigos (71, 137,

221) procedentes de 1 001-1 200

m.s.n.m.m.

### **Características del material del diseño experimental:**

Nº de tratamientos : 8

Área de distribución por plantas :

Ancho (cm) : 4

Largo (cm) : 4

Área total del tratamiento (cm<sup>2</sup>) : 16

Separación entre tratamiento : 4

### **4.2.2. Conducción del experimento**

La conducción del experimento se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), con plantas de café Caturra rojo, clonadas a partir de brotes (macropropagación) y plantas propagadas sexualmente, obtenidas de altitudes de 800 – 1 000 y de 1 001 – 1 200 m.s.n.m.m., de las provincias de Lamas y el Dorado, las que pasaron por un riguroso trabajo de selección en campo, enraizamiento y aclimatación en invernadero, en el IIAP-T.

#### **A. Limpieza del área.**

Se realizó manualmente haciendo uso de algunas herramientas tales como machete y lampa para eliminar las malezas que se encontraron en el área del trabajo de investigación.

## B. Instalación del vivero.

Se realizó con la finalidad de crear un espacio que tengan las condiciones ambientales adecuadas para el cultivo y el desarrollo de la roya, también se instaló un termohidrómetro (Figura 4) la cual indicó la temperatura y la humedad relativa del vivero y permitiera tomar decisiones para poder simular un ambiente natural, en la cual se realizó la prueba de resistencia de plantas de café arábico variedad caturra roja a la roya amarilla.



Figura 4: Vivero acondicionado para el estudio de resistencia de clones de café variedad caturra rojo a la roya amarillo.

Foto : J. Vallejos, 2015.

## C. Plantas clonadas en estudio.

Se utilizaron clones de los códigos 120, 129, 130 de 800-1 000 m.s.n.m.m. (altitud 1) y los códigos 71, 137, 221 de 1 000-1 200 m.s.n.m.m. (altitud 2).

- Altitud 1 (800-1 000 m.s.n.m.m.), en esta altitud las plantas matrices se desarrollaron en un suelo con textura Franco

arcillo arenoso, materia orgánica 3,99 % (medio), pH 3,96 (Extremadamente ácido) y con una C.E. de 0,11 ds/m (no hay problema de sales) según el análisis de suelo (Anexo 2).

- Altitud 2 (1001- 1 200 m.s.n.m.m.), en esta altitud las plantas matrices se desarrollaron en un suelo con textura Franco arcillo, materia orgánica 3,36 % (medio), pH 4,31 (Extremadamente ácido) y con una C.E. de 0,11 ds/m (no hay problema de sales) según el análisis de suelo (Anexo 3).

#### **D. Colección de la fuente de inóculo (Esporas de roya).**

Se recolectaron de los campos infectados con la roya amarilla, de la altitud 1 (800 – 1 000 m.s.n.m.m.) y altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.) (Figura 5).



Figura 5: Colecta de fuente de inóculo de una hoja infectada con la roya amarilla, para la prueba de resistencia de plantas de café variedad caturra roja a la roya amarilla.  
Foto: J. Vallejos, 2015.

#### **E. Control de maleza.**

Se realizaron de manera manual, para evitar las influencias que pudieran ocasionar la aparición de malezas en el trabajo.

#### **F. Riego.**

Se efectuó mediante las necesidades fisiológicas de las plantas del cafeto y se utilizó el riego por micro aspersión.

El riego también se utilizó cuando la temperatura eran superior a 29,5°C y la humedad relativa eran inferiores a 75 % en el vivero, esto para mantener un ambiente adecuado para el desarrollo del patógeno *Hemileia vastatrix*.

#### **G. Preparación del inóculo de *Hemileia vastatrix*.**

Se preparó, utilizando la metodología de French y Teddy (1982), de la siguiente manera: se disolvió en agua destilada las hojas infectas con las esporas de roya (esporas maduras), traídas de la altitud 1 (800 – 1 000 m.s.n.m.m.) y altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), luego mover la solución con la finalidad de homogenizar la concentración de las urediniosporas.

La preparación del inóculo se realizó teniendo previsto la infestación instantánea a los plantones, para acreditar la infección.



Es necesario conocer la cantidad de esporas a infestar, para ello se realizó un conteo de las esporas utilizando el método de Conteo Celular, French y Teddy (1982); y Celeromics.com.

**Paso 1:** Se preparó una muestra con una concentración de  $10^5$  células/ml. Típicamente, el rango de concentraciones que permite contar el hematocitómetro está entre 250 000 células y 2,5 millones de células por ml. Por encima de 2,5 millones ( $2,5 * 10^6$ ) la probabilidad de cometer errores de conteo crece demasiado, y también el tiempo y esfuerzo necesario para realizar un recuento con fiabilidad.

**Paso 2:** Se tomaron 10  $\mu$ l de la mezcla preparada en el paso 1 con la micropipeta, se colocó un cubreobjetos sobre la cámara de Neubauer y se introdujo la muestra en la cámara de Neubauer. (Figura 6).

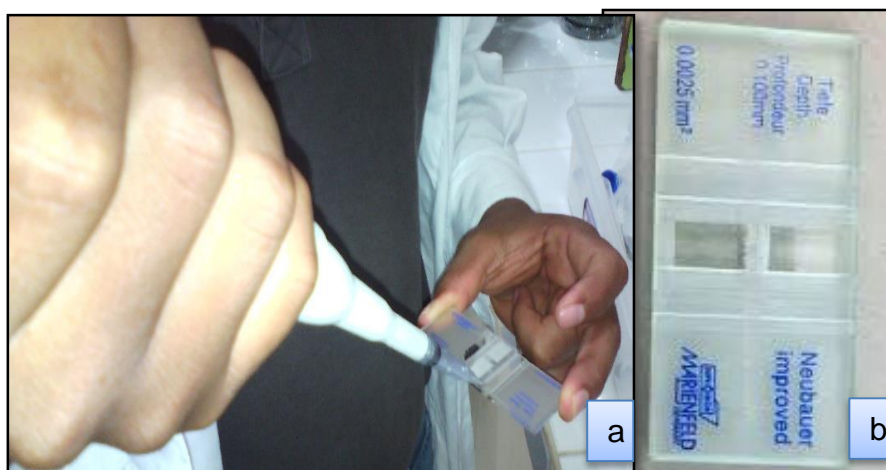


Figura 6: a). Proceso de fijación de la solución en la Cámara Neubauer, para su observación en el microscopio. b). Cámara Neubauer.  
Foto: .J. Vallejos, 2015.

**Paso 3:** La cámara Neubauer con la muestra se enfocó al microscopio para el conteo de las uredosporas de roya. El conteo se hizo en 5 cuadros grandes sombreados de color celeste (Figura 7).

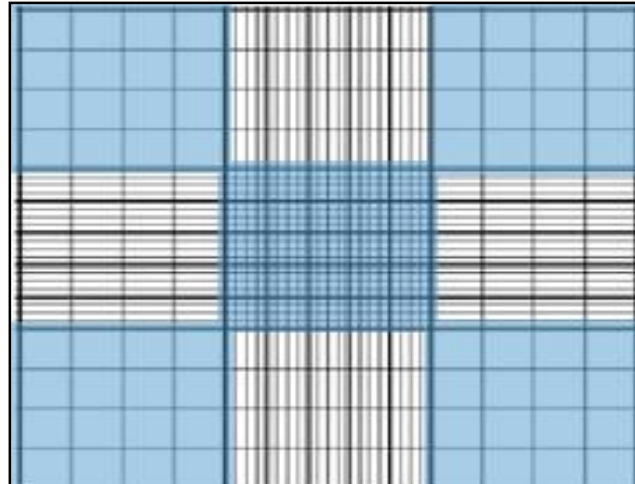


Figura 7: Cámara Neubauer vista al microscopio. Foto: J. Vallejos, 2015.

- Con la finalidad de conocer la cantidad de uredosporas infestadas en la prueba de resistencia de plantas de café arábico variedad caturra roja a la roya amarilla, se realizaron conteos antes de las 2 infestaciones realizadas, haciendo un total de 236 333,33 uredosporas (Cuadro 04 y 05) utilizando la fórmula para conteo de cuadros grandes.

$$\text{Concentración} = \frac{\text{número de células} \times 10.000}{\text{número de cuadros}}$$

Cuadro 4: Contenido de uredosporas en el primer conteo realizados el 25/03/2015.

Núm.	CÁMARA		Media	UFC/ml	Cant. deseda	Diferencia
	A	B				
1	47	66	56,5	113 000	100 000	-13 000
2	85	56	70,5	141 000	100 000	-41 000
3	62	84	73	146 000	100 000	-46 000
<b>TOTAL</b>				<b>133 333,33</b>		

Cuadro 5: Contenido de uredosporas en el segundo conteo realizados el 26/03/2015.

Núm.	CÁMARA		Media	UFC/ml	Cant. deseda	Diferencia
	A	B				
1	56	46	51	102 000	100 000	-2 000
2	61	47	54	108 000	100 000	-8 000
3	53	46	49,5	990 00	100 000	1 000
<b>TOTAL</b>				<b>103 000</b>		

#### H. Infestación con roya a las plantas.

Se aplicó con un atomizador (Figura 8) para obtener el rociado uniforme en las plantas de las unidades experimentales. Se realizaron 2 infestaciones con  $2,363 \times 10^5$  uredosporas de roya (Cuadro 4 y 5).



Figura 8: Infestación con uredosporas de *Hemileia vastatrix* a los clones para la prueba de resistencia de plantas de café variedad caturra roja a la roya amarilla. Foto: J. Vallejos, 2015.

#### 4.2.3. Parámetros a evaluar.

##### A. Severidad de roya en la planta.

Para evaluar severidad en planta se utilizó la escala descrita por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) (Cuadro 4).

Cuadro 4: Escala de severidad en planta propuesta por SENASICA, (2013).

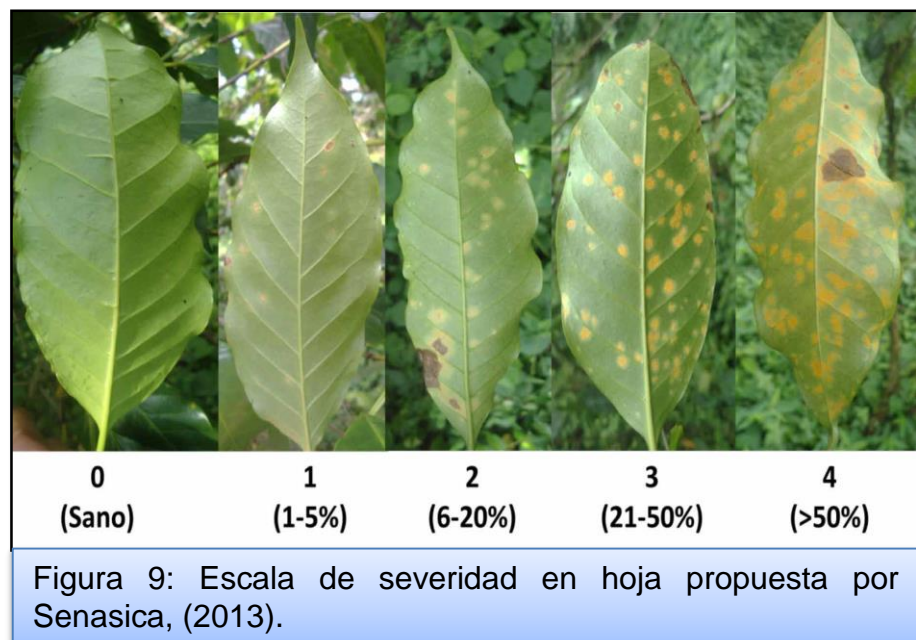
Grado	PLANTA (% DAÑO)
0	Planta sana
1	3 % de área foliar con presencia de roya
2	10 % de área foliar con presencia de roya
3	30 % de área foliar con presencia de roya
4	60 % de área foliar con presencia de roya
5	Defoliación

## B. Severidad de roya en las hojas.

Para evaluar severidad en planta se utilizó la escala descrita por servicio nacional de sanidad inocuidad y calidad agroalimentaria (SENASICA) (Cuadro 5 y Figura 9).

Cuadro 5: Escala de severidad en hoja propuesta por SENASICA, (2013).

Grado	HOJA(% DAÑO)
0	Sano sin síntomas
1	1-5 % de área afectada
2	6-20 % de área afectada
3	21-50 % de área afectada
4	> 50 % de área afectada



## C. Números de puntos infección.

Se debió contar las manchas por hoja, pero como no hubo infección en la planta, no se realizó.



#### **D. Características del vigor de planta.**

##### **a) Crecimiento de longitud.**

Se realizó, con la ayuda de un vernier al inicio y en el momento que concluyó la evaluación del trabajo de investigación, y determinar el patrón del crecimiento en respuesta a la resistencia a la roya. La medición consistió en tomar la medida desde la base hasta el último brote principal (Figura 10).



Figura 10: Medición de la altura de los clones en la prueba de resistencia. Foto: J. Vallejos, 2015.

### b) Crecimiento del diámetro de base.

Se realizó, con la ayuda del vernier, se midió el diámetro de la base del tallo de las plantas, también con la finalidad de determinar el patrón de crecimiento del diámetro en función a la respuesta de la resistencia a la roya (Figura 11).



Figura 11: Medición del diámetro de los clones en la prueba de resistencia. Foto: J. Vallejos, 2015.

### c) Hojas principales.

El conteo de las hojas principales se realizó, con la finalidad

Imagen 11: a) Medición del diámetro del tallo al inicio de la tesis, b) Medición del diámetro del tallo al final de la tesis. J. Vallejos, 2015.

del cafeto (Figura 12).



Figura 12: Conteo de hojas principales de los clones en la prueba de resistencia. Foto: J. Vallejos, 2015.

#### d) Hojas axilares.

El conteo de las hojas axilares se realizó, con la finalidad de determinar el efecto de la Altitud en la producción de hojas axilares como respuesta a la tolerancia a la roya del cafeto (Figura 13).



Figura 13: Conteo de hojas axilares de los clones en la prueba de resistencia. Foto: J. Vallejos, 2015.



Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA). Los promedios fueron comparados mediante la prueba de comparación de DUNCAN ( $p < 0,005$ ) este análisis se realizó para cada una de las variables empleando el paquete estadístico INFOSTAT versión 12,00.

## V. RESULTADOS.

### 5.1. Severidad de roya en la planta.

Resultados para la evaluación de severidad de roya en planta, muestran plantas sin presencia de la roya amarilla (Figura 14), y datos procesados INFOSTAT (Cuadro 6).



Figura 14: Clones de 800-1 000 y 1 001-1 200 m.s.n.m.m. sanos y sin presencia de la roya amarilla después de la evaluación de resistencia de plantas de café variedad caturra roja a la roya amarilla. Foto: J. Vallejos, 2015.

Cuadro 6: Análisis de la varianza para la severidad de roya en plantas.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	0,00	0,00	Sd	sd	Sd
Altitud	1	0,00	0,00	Sd	sd	Sd
Código	6	0,00	0,00	Sd	sd	Sd
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	0,00	0,00			
Total	23	0,00				

Sd: Sin significancia.

N=24

$R^2 = \text{sd}\%$

CV=sd%

## 5.2. Severidad de roya en las hojas.

Resultado de la severidad de roya en hojas procedas en INFOSTAT (Cuadro 7) según Figura 14.

Cuadro 7: Análisis de la varianza para la severidad de roya en hojas.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Altitud	1	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Código	6	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	0,00	0,00			
Total	23	0,00				

Sd: Sin significancia.

N=24

R<sup>2</sup>= sd%

CV=sd%

## 5.3. Características del vigor de las plantas del cafeto.

### 5.3.1. Crecimiento de longitud.

Resultados para el crecimiento de longitud procesados en INFOSTAT (Cuadro 8) (Gráfico 1 y 2).

Cuadro 8: Análisis de la varianza para el crecimiento de longitud.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	793,32	113,33	175,11	0,0001	**
Altitud	1	82,44	82,44	127,37	0,0001	**
Código	6	710,88	118,48	183,07	0,0001	**
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	10,36	0,65			
Total	23	803,67				

\*\*: Altamente significativo.

Sd: Sin significancia.

N=24

R<sup>2</sup>= 99%

CV=10,30%

Gráfico 1: Prueba Duncan para el crecimiento de longitud ( $\alpha=0,05$ ).

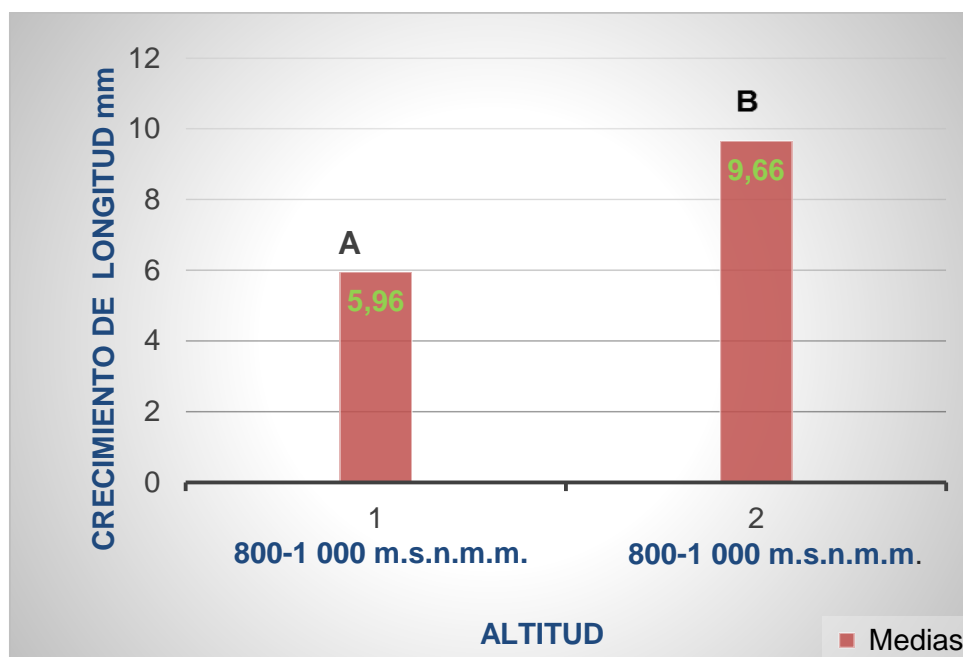
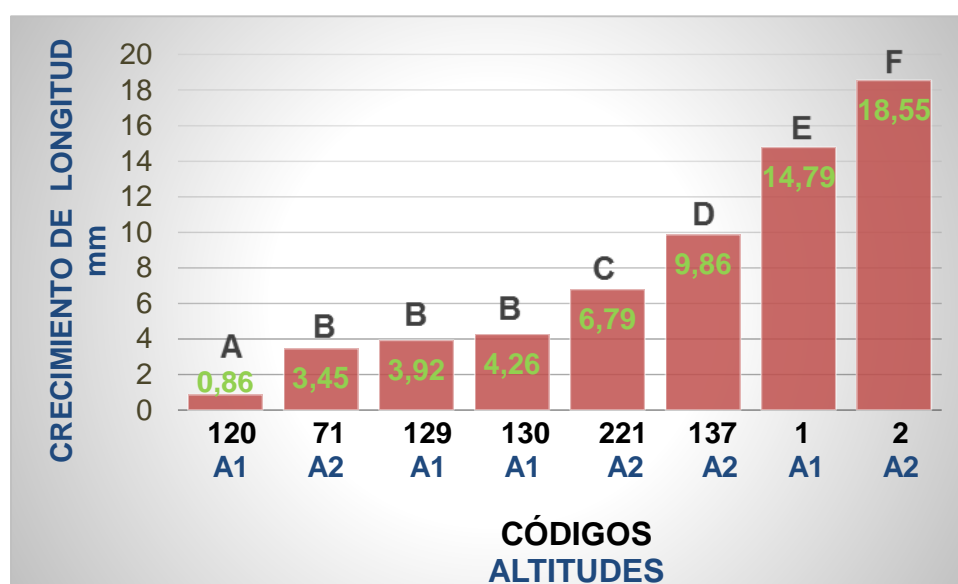


Gráfico 2: Prueba Duncan para el crecimiento de longitud ( $\alpha=0.05$ )



### 5.3.2. Crecimiento del diámetro de base.

Resultados para el crecimiento del diámetro procesados en INFOSTAT (Cuadro 9) (Gráfico 3 y 4).

Cuadro 9: Análisis de la Varianza para el crecimiento del diámetro de base.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	0,25	0,04	8,45	0,0002	**
Altitud	1	0,04	0,04	8,45	0,0082	**
Código	6	0,21	0,04	8,45	0,0003	**
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	0,07	3,11			
Total	23	0,32				

\*\*.: Altamente significativo. Sd: Sin significancia.

N= 24       $R^2= 79\%$       CV= 22,14%

Gráfico 3: Prueba Duncan para el crecimiento del diámetro de base ( $\alpha=0,05$ ).

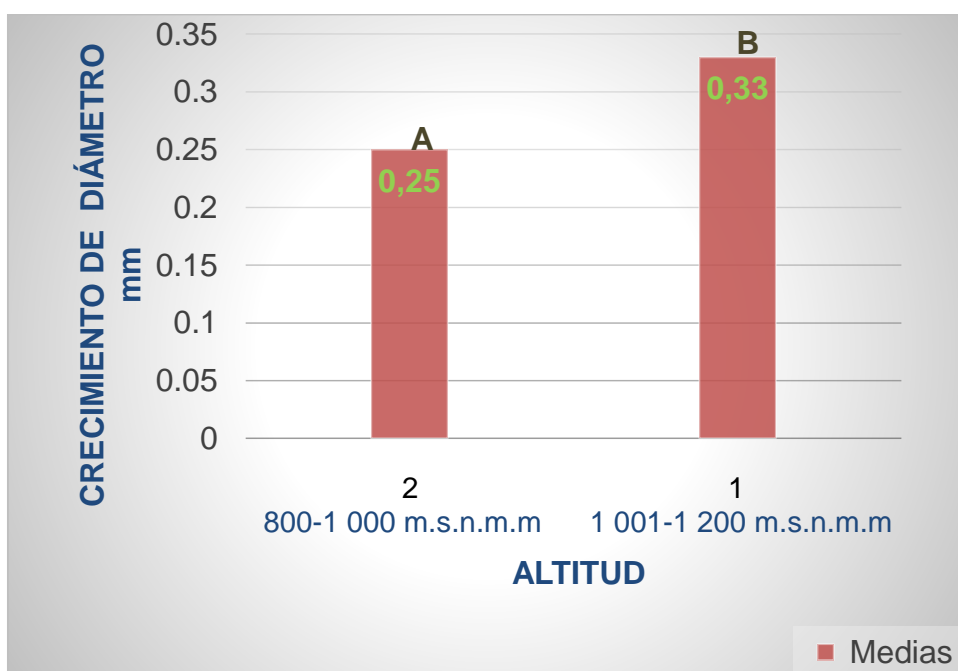
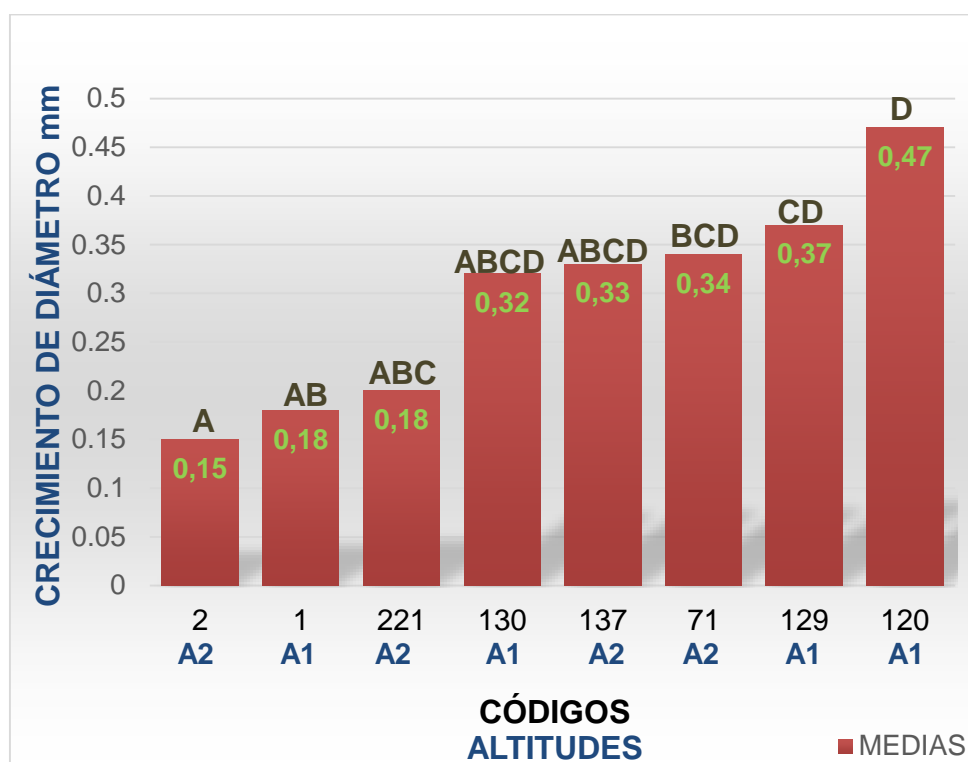


Gráfico 4: Prueba Duncan para el crecimiento del diámetro de base ( $\alpha=0,05$ ).



### 5.3.3. Hojas principales.

Resultados para la producción de hojas principales procesados en INFOSTAT (Cuadro 10) (Gráfico 5 y 6).

Cuadro 10: Análisis de la Varianza para producción de hojas principales.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	153,83	21,98	8,65	0,0002	**
Altitud	1	20,17	20,17	7,93	0,0104	**
Código	6	133,67	22,18	8,77	0,0002	**
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	40,67	2,54			
Total	23	194,50				

\*\* : Altamente significativo. Sd: Sin significancia.

N=24  $R^2= 79\%$  CV=14,83%

Gráfico 5: Prueba Duncan para la producción de hojas principales ( $\alpha=0,05$ ).

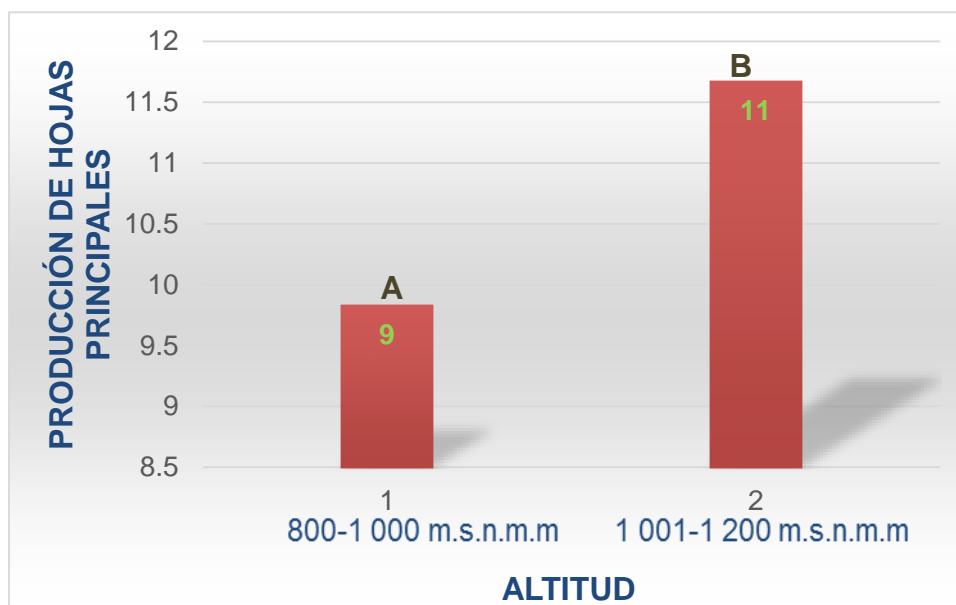
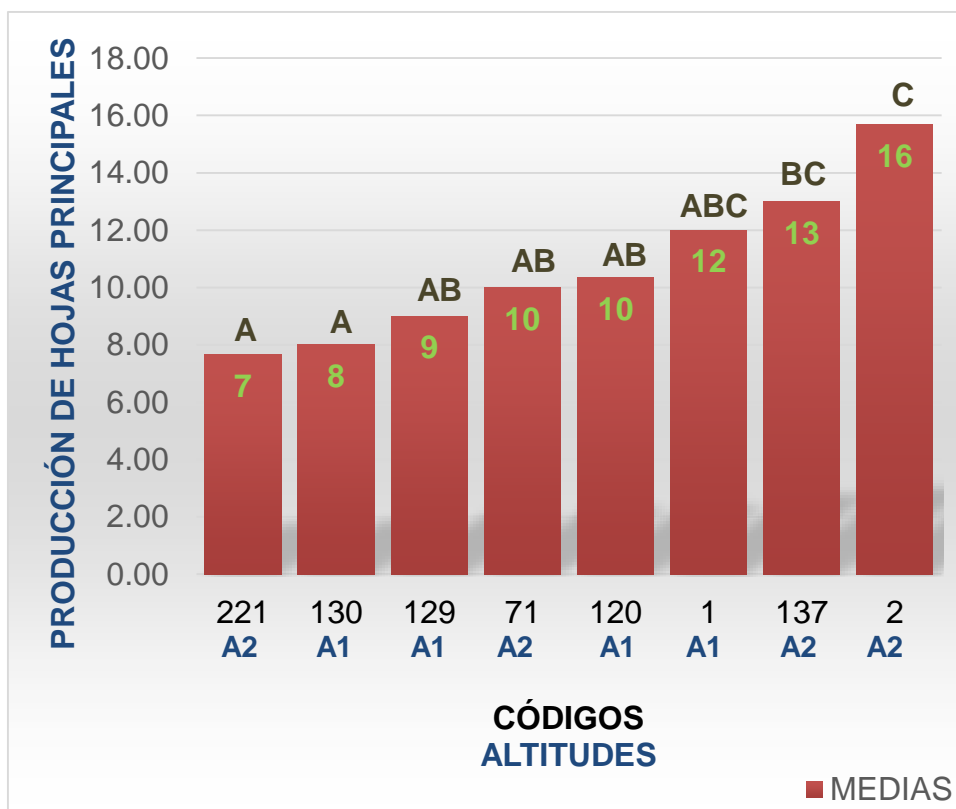


Gráfico 6: Prueba Duncan para la producción de hojas principales ( $\alpha=0,05$ ).



### 5.3.4. Hojas axilares

Resultados para la producción de hojas axilares procesados en INFOSTAT (Cuadro 11) (Gráfico 7 y 8).

Cuadro 11: Análisis de la Varianza para la producción de hojas axilares.

F.V.	G.L	S.C	C.M.E.	F-Valor	p-valor	Signific.
Modelo	7	357,29	51,04	49,00	<0,0001	**
Altitud	1	51,04	51,04	49,00	<0,0001	**
Código	6	306,25	51,04	49,00	<0,0001	**
Altitud*Código	0	0,00	0,00	Sd	Sd	Sd
Error	16	16,67	1,04			
Total	23	373,96				

\*\* : Altamente significativo. Sd: Sin significancia.

N=24  $R^2=96\%$  CV=69,99%.

Gráfico 7: Prueba Duncan para la producción de hojas axilares ( $\alpha=0,05$ ).

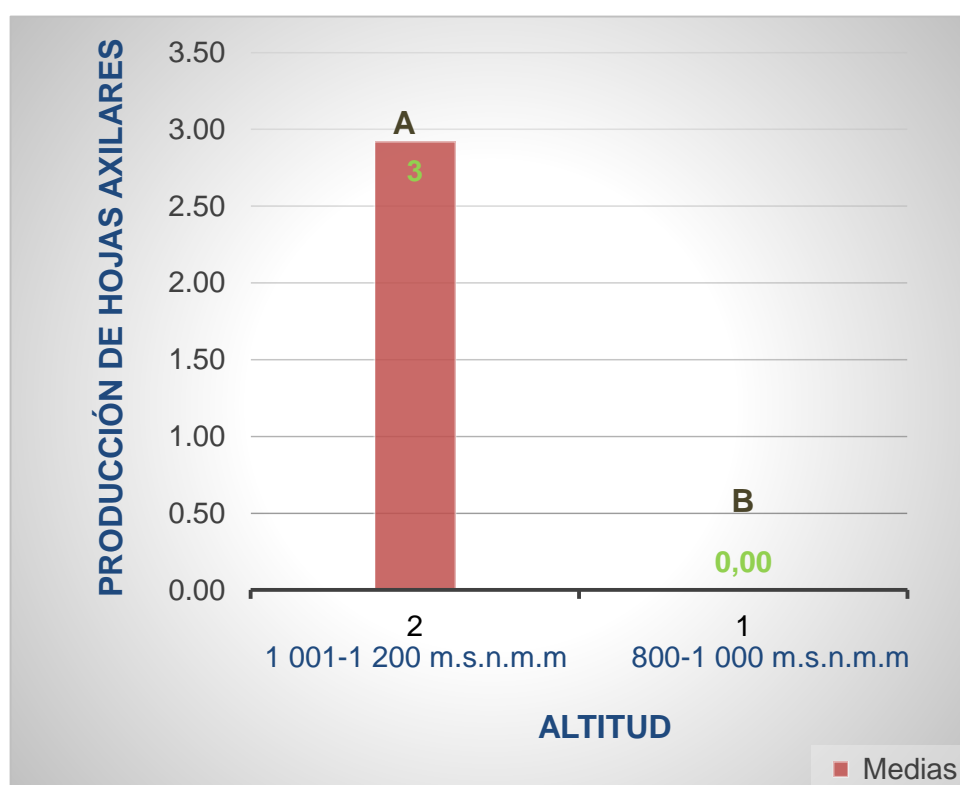
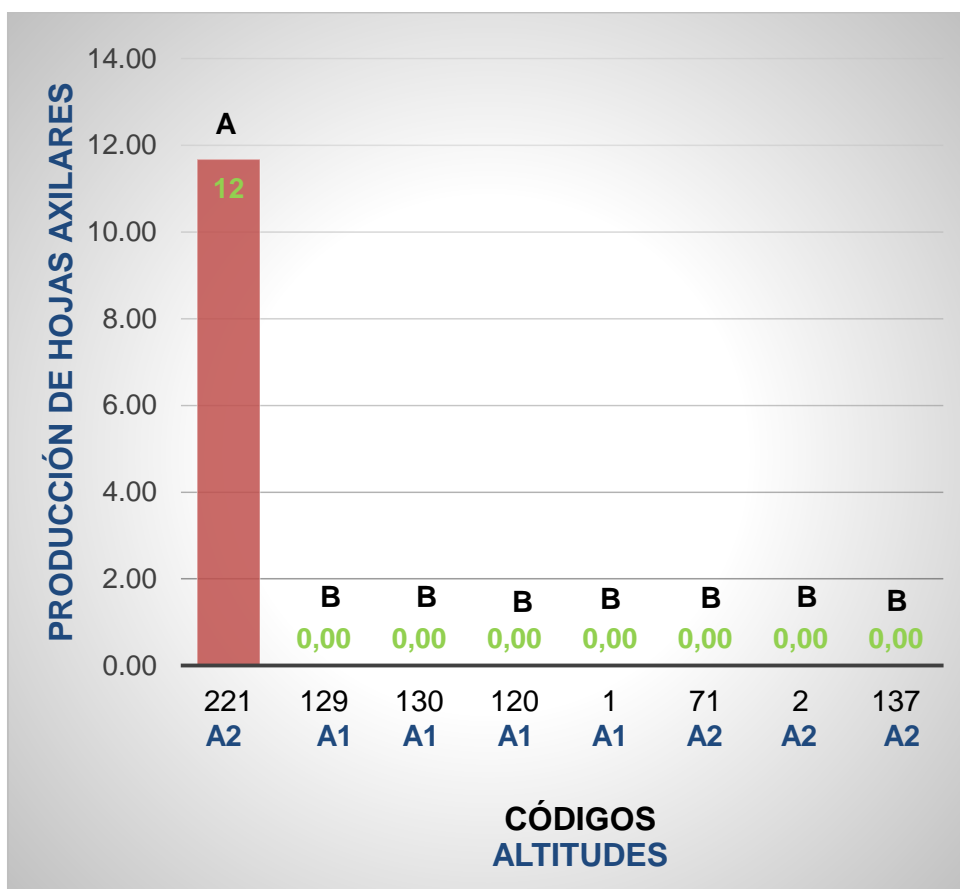




Gráfico 8: Prueba Duncan para la producción de hojas axilares ( $\alpha=0,05$ ).



## **VI. DISCUSIONES.**

### **6.1. Severidad de roya en la planta y hoja.**

El análisis de la varianza (Cuadro 6) indica que las fuentes de variabilidad para la Altitud, Código y la interacción Altitud\*Código no muestran significancia. Estos resultados se pueden explicar con lo expuesto por Avelino & Galileo (2013); quienes indican que la altitud es un factor importante para el proceso de la epidemia, sin embargo en los rangos altitudinales estudiados (800-1 000 y 1 001-1 200 m.s.n.m.m.) no generan las condiciones para que el patógeno (*Uredospora* de roya) inicie su desarrollo epidemiológico (Imagen 14). Esto puede deberse al contenido de algunos genes presentes en los clones estudiados, como lo menciona Varzea & Marques (2005), quien manifiesta que en muchas ocasiones la aparición de la roya del cafeto está condicionada a las barreras genéticas que se crean para evitar su ataque en las plantas mejoradas con resistencia a la enfermedad. De igual manera estudios desarrollados en el CIFC de Portugal en el año 1984, determinaron la existencia del gen de resistencia SH5 en las variedades como: Caturra, Catuai, Villa Sarchi, Borbón, Híbrido Tico, Mundo Novo, Típica, Geisha, entre otros; gen que puede variar su nivel de contenido en la planta en función al ambiente (altitud), nutrición u edad de la planta, citado por SENASICA (2013). El estudio del CIFC de Portugal confirma que la variedad caturra roja si tiene genes de resistencia a la roya del cafeto.

Por lo tanto la severidad es de grado 0, según la escala de severidad en planta (Cuadro 4) propuesta por SENASICA (2013).

## **6.2. Características del vigor de las plantas del cafeto.**

### **6.2.1. Crecimiento de longitud.**

El análisis de la varianza para el crecimiento de longitud (Cuadro 8) indica que las fuentes de variabilidad para la Altitud y Código son altamente significativos; sin embargo en la interacción Altitud \* Código no se presenta significancia. Del mismo modo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue alto (99%), es decir, el 99 % del crecimiento en longitud de las plantas está influenciado por la Altitud y tipo de Clon; el coeficiente de variabilidad (C.V) indica que los datos tienen una heterogeneidad de 10,30%. Estos resultados están dentro de los rangos establecidos por Calzada (1981).

Las plantas de la Altitud 2(1 001-1 200 m.s.n.m.m.) fueron las que mostraron mayor crecimiento en longitud (9,66 mm), tal como se evidencia en la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 1), estos resultados se corrobora por lo expuesto por Wintgens (2004), quien observó que la temperatura entre 15 y 29°C generan las condiciones óptimas para el crecimiento en longitud; y cabe resaltar que la temperatura es el factor determinante en el desarrollo (crecimiento) y producción del cafeto lo cual confirma la influencia de la Altitud en el crecimiento, en función de la temperatura, pero es la altitud del ambiente que determina la temperatura sin la influencia de la latitud y de las condiciones geográficas; de esto se deduce que la temperatura es un factor dependiente de la altitud; motivo a lo expuesto es que se determinó el estudio del factor altitud.

Así mismo, la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 2) indica que el Código 2 (plantas obtenidas por semilla botánica de la Altitud 2) presentó mayor crecimiento en longitud en las plantas (18,55 mm); esto se explica al tipo de propagación sexual que tuvo el Código 2, ya que las plantas propagadas sexualmente tienen una multiplicación acelerada de las células a diferencia de las plantas propagadas asexualmente por la maduración de las células obtenidas en los órganos de la cual se hizo la propagación; de igual manera el Código 137 fue el que mostró mayor crecimiento en longitud (9,86 mm), entre las plantas obtenidas por propagación vegetativa. Estos resultados pueden deberse a la procedencia del tipo de Altitud puesto que el código 137 se desarrolla entre las Altitudes de 1 001-1 200 m.s.n.m.m. la cual presenta las condiciones adecuadas para el crecimiento en longitud.

#### **6.2.2. Crecimiento del diámetro de base.**

El análisis de la varianza para el crecimiento de diámetro de base (Cuadro 9) indica que las fuentes de variabilidad para la Altitud y Código muestra resultado altamente significativo; mientras que para interacción Altitud \* Código no se evidenció significancia. Del mismo modo, el coeficiente de determinación  $R^2$ , indica que el 79% del crecimiento en diámetro de las plantas está influenciado por los factores estudiados; el coeficiente de variabilidad (C.V) indica que los datos tienen una heterogeneidad de 22,14%. Estos resultados están dentro de los rangos establecidos por Calzada (1981).

Las plantas de la Altitud 1(800-1 000 m.s.n.m.m.) presentaron mayor crecimiento en diámetro (0,33 mm), tal como se muestra en la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 3). Estos resultados indican que las condiciones generadas en Altitudes mayores (1 001-1 200 m,s.n.m.m.) no son determinantes para promover el crecimiento en diámetro, corroborando que el diámetro no es dependiente de la Altitud sino que responde a otros factores (Escobar et al; 2002). Del mismo modo las semillas vegetales al presentar características genéticas a su progenitor, tienden a tener el mismo desarrollo, esto último no siempre se genera debido a que existen algunos genes que no pueden ser activados y/o activados en algunas condiciones ambientales o concentraciones de sustancias hormonales y/o reguladoras de crecimiento naturales; el ejemplo más claro es cuando dos esquejes provenientes de la misma planta suelen crecer en forma distinta o simplemente no producen raíces (Escobar et al 2002.)

Así mismo, la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) (Gráfico 4) indica que las plantas del Código 120 (plantas obtenidas por semilla vegetativa de la Altitud 1) fue el que presentó mayor crecimiento en diámetro (0,47 mm), evidenciando que la Altitud no es un factor determinante en el crecimiento de diámetro.

### 6.2.3. Hojas principales.

El análisis de la varianza para la producción de hojas principales (Cuadro 10) indica que las fuentes de variabilidad para la Altitud y Código estableció resultado altamente significativo; y para interacción Altitud \* Código no se evidenció significancia. Del mismo modo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), indica que 79% del crecimiento en diámetro de las plantas está influenciado por los factores estudiados; el coeficiente de variabilidad (C.V) indica que los datos tienen una heterogeneidad de 14,83%. Estos resultados están dentro de los rangos establecidos por Calzada (1981).

Las plantas de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.) fueron las que presentaron mayor número de hojas principales (11 hojas por planta), tal como se muestra en la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 5), también se puede observar que estas presentan en promedio dos hojas más que las hojas de la Altitud 1, explicando que las condiciones que se generan en la Altitud 2 son óptimas para la producción de hojas principales. El número de hojas determina el óptimo estado fisiológico de las plantas, así se puede deducir que cuanto más hojas tenga una planta mayor será el desarrollo fisiológico llegando a intervenir en la producción de sustancias fisiológicas encargadas de activar o aumentar la resistencia a la roya y, que su formación está estrechamente ligada a la altitud y dicho resultado se corrobora con Avelino (2013), quien encontró que el efecto de la incorporación de muchas hojas sanas al sistema inhiben el crecimiento del hospedero, disminuyendo la

incidencia y la severidad de la enfermedad por un efecto de dilución de esta.

Así mismo, la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) (Gráfico 6) indica que las plantas del Código 2 (plantas obtenidas por semilla botánica de la Altitud 2) presentaron mayor desarrollo de hojas principales (16 hojas/P.); además las plantas del Código 137 (plantas obtenidas por propagación vegetativa de la Altitud 2) también presentaron semejante número de hojas (13 hojas/P.); indicando que las plantas obtenidas por propagación vegetativa de la Altitud 2 también generaron una alta producción de hojas principales.

#### **6.2.4. Hojas axilares**

El análisis de la varianza para la producción de hojas axilares (Cuadro 11) indica que las fuentes de variabilidad para la Altitud y Código son altamente significativos; y para interacción Altitud \* Código no se evidenció significancia. Del mismo modo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue alto e indica que el 96% de la producción de hojas axilares está influenciado por los factores estudiados; el coeficiente de variabilidad (C.V) alto, indica que los datos tienen una alta heterogeneidad (69,99%), motivo a que solo existió influencia de la Altitud 2 en el código 221 de cuatro códigos en estudio por Altitud.

La mayor producción de hojas axilares (3 h/p en promedio) se dio con las plantas de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), tal como se muestra en la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 7). La importancia de la producción de hojas axilares en los clones influye en la factibilidad de la propagación de estas; del mismo modo las hojas cumplen un rol vital en el desarrollo de la planta como lo menciona Wintgens (2004), quien dice que el desarrollo foliar y su relación con el crecimiento y producción de la planta radica en que las hojas del cafeto son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo, éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Las hojas también cumplen otras funciones como proteger las yemas, las flores y los frutos, de las condiciones climáticas adversas como el granizo y el exceso de radiación, entre otros, como activar genes de resistencia a la roya en las plantas.

Así mismo, la prueba de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) (Gráfico 8) indica que el Código 221 (plantas obtenidas por semilla vegetativa de la Altitud 2) presentó mayor producción de hojas axilares (12 hojas/P en promedio).



## VII. CONCLUSIONES

- ✚ Las plantas procedentes de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), presentaron mejores características (Altura, Producción de hojas principales y Producción de hojas axilares) como respuesta de resistencia a la infección de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).
- ✚ Todos los Clones de ambas Altitudes: Altitud 1 (800-1 000 m.s.n.m.m.) y Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), presentaron resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).
- ✚ El clon 221 procedente de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m) de la variedad Caturra roja (*Coffea arabica*) fue el que presentó el mejor crecimiento en Altura y la mayor producción de hojas axilares.

## VIII. RECOMENDACIONES

- ✚ Desarrollar investigaciones in situ que involucren rangos altitudinales más amplios para determinar la altitud óptima que promueva el desarrollo fisiológico y la resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).
  
- ✚ Realizar estudios específicos sobre las sustancias que están involucradas en la activación de los genes de resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).
  
- ✚ Involucrar el efecto positivo de la altitud en la clonación de materiales resistentes a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), motivo a los resultados emitidos en este trabajo de investigación; tal como se ha explicado en todos los continentes productores del cafeto.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA.**

Aguilar, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. Instituto del Café de Costa Rica

(ICAFFE). San José. Costa Rica. 33p.

Alejo, L. 2000. Impacto del año ocasionado por la broca de café

(*Hypothenemus hampei*) en el beneficio húmedo de la región de Huatusco, Veracruz. Tesis de licenciatura. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo.

Avelino, R.; Muller, A.; Eskes, R.; Santacreo y F. Holguín. 1999. La roya

anaranjada del cafeto: mito y realidad. En: Bertrand, B y B. Rapidel (eds), Desafíos de la caficultora en Centroamérica. San José, CR, IICA. Pág. 193-241.

Avelino, J. & Galileo Rivas. La roya anaranjada del cafeto. 2013.

Honduras.

Barrera, F. 2007. Manejo holístico de plagas: más allá del MIP. Memorias

del XXX Congreso Nacional de Control Biológico-Simposio de OBC, Mérida, Yucatán.

Cadena, G. 1982. Diseminación de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. In:

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Taller de Roya del Cafeto H. Vastatrix, Colombia 12-17 abril. Chinchina. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE.

Camayo, V; Chaves, C; Arcila, P; Jaramillo, A. 2003. Desarrollo lo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Caldas. Cenicafé Ene-Mar 54(1):35-49.

Castro F., R., Charles E., H., & Barreto, R., W. 2009. Conformation of the ocurrence of teliospores of *Hemileia vastatrix* in Brazil with observations on their mode of germination. Tropical Plant Pathology, 32 (2): 108-113.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1984.

Curso fundamentos de la caficultura moderna. Turrialba, Costa Rica 47 pp.

Dalmazzone, C. Perrings y Williamson. 2002. Enfermedades y plagas

exótcas: una perspectiva económica. Ekonomiaz No. 49, 1º Cuatrimestre. Pp. 78-95.

Duarte, O. 1984. Propagación Sexual de las Plantas. Biblioteca

Agropecuaria del Perú. NETS Editores. Perú.

Escobar, A. C. J.; Zuluaga, P. J. J.; Osorio, M. V. E. 2002. Manual técnicas

de propagación de especies vegetales leñosas promisorias para el  
Piedemonte de Caquetá. Programa Regional de Agroforestería.  
Corpoica, Ministerio de Agricultura 28 pg.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. Normas Internacionales  
para las Medidas Fitosanitarias. No. 1 a 32. Food and Agriculture  
Organization of the United Nations. Roma, Italia. 473 pp.

French, E.R. y T.H. Teddy. 1982. Métodos de investigación fitopatológica.  
Primera edicion. Primera reimpression. San Jose: IICA.

George B. Cummins & Yasuyuki Hiratsuka. 2003. Illustrated Genera of Rust  
Fungi. Th ird Edition. American Phytopathological Society, St. Paul,  
Minnesota. Ring leaf book. 225 pp.

Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura  
Sostenible. Turrialba, C.R.359 pg.

Gonzales, A. 1978. Radio y prensa en la campaña divulgativa contra la  
roya del cafeto. Nueva agricultura tropical. Colombia. 30 (1): 7-9.

Holdridge, 1985. Zonas de vida natural en el Perú. Memoria explicativa  
sobre el mapa ecológico del Perú. Lima – Perú. 265 pág.

- Ihcafe (Instituto Hondureño del café). 2001b. Atlas de tipos de café de Honduras. Fondo cafetalero nacional instituto hondureño del café.
- Inmecafé (Instituto Mexicano del Café). 1990. El cultivo de cafeto en Mexico. Mexico, Xalapa, Veracruz.
- Kushalappa A. C. 1990. Advances in coffee rust research. Annu. Rev. Of Phytophatol. 27: 503-531.
- Le Pelley H. 1973. Las plagas del café. Primera Edición. Editorial Labor, S. A. Barcelona España.
- Lioger, A. 1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands. Vol. 5. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 436 pp.
- Manual de recomendaciones para el cultivo de café. 1989. Editor Sánchez Vindos. 6ª. Del Instituto de café de Costa Rica. MAG. San José Costa Rica 121 pp.
- Montoya, R. 1974. Influencia da temperatura e da luz na germinacao, infectividade e periodo de geracao de hemileia vastatrix Berk. et Br; Vicosia (Brasil), Universidade Federal de Vicosia. 60 pp.
- Moreno, R. G. 2004. Obtención de variedades de café con resistencia

durable a enfermedades, usando la diversidad genética como estrategia de mejoramiento. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 28 (107): 187-200.

Morfin, V. A., Castillo, P. y G. Vizcaíno. 2006. El cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en colima. Instituto de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Ticomán. 85 pp.

Moreno G. 2004. Obtención de variedades de café con resistencia durable a enfermedades, usando la diversidad genética como estrategia de mejoramiento. Rev. Acad. Colom. Cienc. 28 (1079): 187-200.

Observaciones sobre el comportamiento del cultivar 'CATURRA' (*Coffea Arab/Ct* L.) EN COSTA RICA. Jorge A. Benavides B. y Gilberto Gutierrez. Z. Costa Rica. 109-115pag., 1978.

Oerke, E. C. 2005. Crop Losses to pests. J. of Agr. Sci. Pág. 1-13.

Orozco-Miranda, E., Figueroa, P. Pacheco, A., Calderón, G. 2011. Manejo Integrado de la Roya del Cafeto. El cafetal. Folleto técnico, Guatemala.

Pérez R. 2005. Impacto económico por daño de la broca de café

*Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Santiago Choapan, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo.

Pezzopane, JRM; Júnior, MJP.; Thomaziello, RA.; Camargo, MBP. 2003.

Metodología y Técnicas Experimentales. Escala para evaluación de estadíos fenológicos de café arabico. *Bragantia*, Campinas 62(3): 409-505.

Rodriguez M. K. y R. G. Moreno. 2002. Supervivencia relativa de las razas

II y XXII de *Hemileia vastatrix*. *Cenicafé* 53(3): 252-262.

Sadi, G. 2010. Manual de microbiología. Laboratorio de microbiología de suelo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

(SENASICA). 2008. Campañas nacionales.

Senasica. 2013. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Dirección General de

Sanidad Vegetal-Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. Ficha Técnica N°. 40. 25 p.

Silva M.C. do, V. Várzea, G. L. Guerra, A. H. Gil, D. Fernandez, A. S.



Petitot, B. Bertrand, F. Lashermes y M. Nicole. 2006. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee Berry disease. Braz. Journal Plant. Physiol. 18(1): 119-147.

Varzea, V.M.P.; Marques, D.V. 2005. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. Coffee Durable Resistance. In: Zambolim L, Zambolim EM, Varzea VMP (eds). Durable resistance to coffee leaf rust. Federal University of Vicosa (UFV), Brasil. Pag: 53-74.

Wintgens, J. 2004. Factors Influencing the Quality of Green Coffee. Costa Rica.

Wintgens, N. 2009. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Ed. Jean Nicolas Wintgens. 2 ed. Weinheim, DE. 982 p.

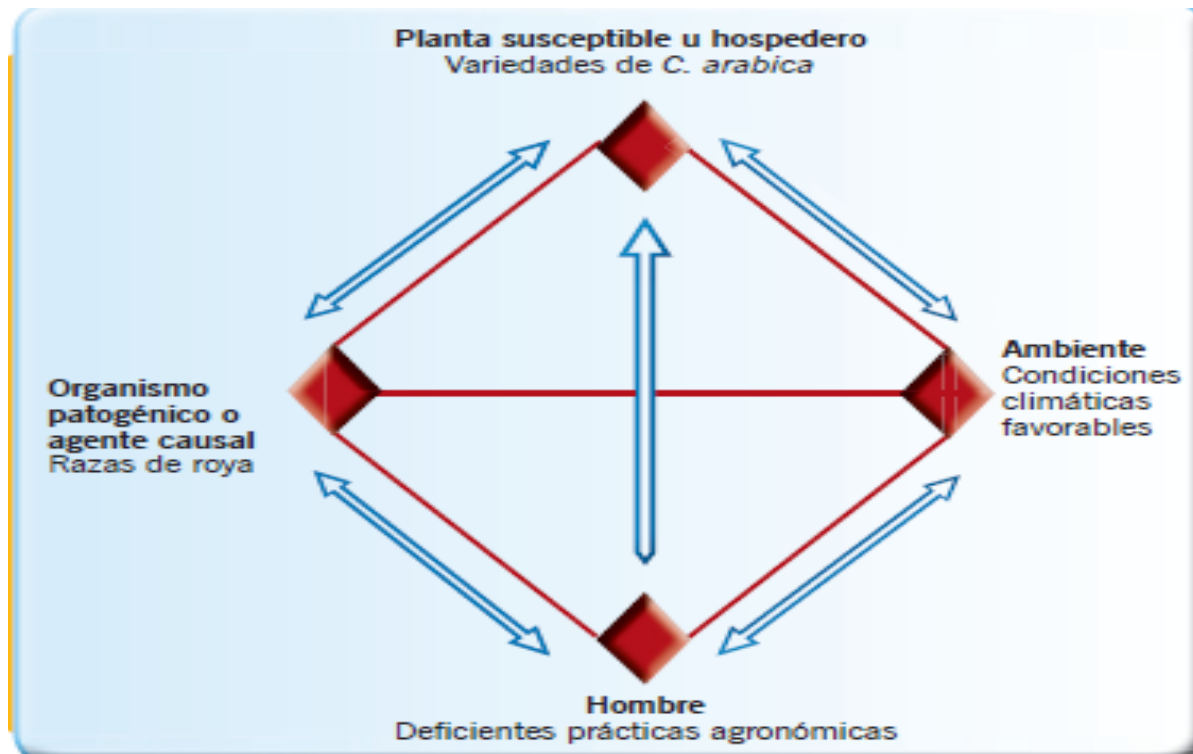
Womer, T. M., Gituanja, J. Floral initiation and flowering of *C. Arabica* L. in Kenya. Experimental Agriculture 6(2): 157-170. 1970.

## **LINCOGRAFÍA.**


1. [http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Varietades\\_de\\_cafe](http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Varietades_de_cafe)
2. <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
3. <http://www.minag.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/censo-nacional-agropecuario/118-herramientas/orientacion-al-productor>
4. <http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/campanasnacionales.html>.
5. <http://www.celeromics.com/es/resources/docs/Articles/cell-count-error.htm>

## ANEXOS.

Anexo 01: Interrelación de factores para la presencia de la roya en café.



Anexo 02: Análisis de suelo de la zona de la Altitud 1 (localidad Chirapa).



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS-CARACTERIZACIÓN**

N° Solicitud : AS0254-14

SOLICITANTE : IIAP (Att. Diana Ayala)

PROCEDENCIA : Chirapa-Lamas-Lamas-San Martín

Experiencia/cultivo actual: café

FECHA DE MUESTREO : 25/07/2014

FECHA DE RECEP. LAB : 28/08/2014

FECHA DE REPORTE : 12/09/2014

Número de la muestra				pH	C.E. dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO			C.I.C. efectiv	C.I.C.	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	
											Arena	Limo	Arcilla			CLASE TEXTURAL	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>
Lab.			Campo									%				meq/100							
14	08	0898	I	4.31	0.11	0.00	3.36	0.15	<4	51	42.96	18.00	39.04	Fra-Arc	4.30		1.54	0.39	0.13	0.00	2.23	2.06	48.01

**MÉTODOS:**

TEXTURA

pH

CONDUC. ELECTRICA

CARBONATOS

FOSFORO

POTASIO

MATERIA ORGANICA

CALCIO Y MAGNESIO

ACIDOS INTERC.

: HIDROMETRO

: POTENCIOMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5

: CONDUCTIMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5

: GAS - Volumétrico

: OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO<sub>3</sub> 0.5M, pH 8.5 Esp. Vis

: OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO<sub>3</sub> 0.5M o Acetato de Amonio 1 N, pH 7.0 Esp. Absorción Alébrica


: WALKLEY y BLACK y sobrelimite por gravimetría (>10%)

: EXTRACT. KCl 1N o Acetato de Amonio 1N, pH 7.0 Esp. Absorción Alébrica

: EXTRACT. KCl 1N, Volumetría

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte

La Banda de Shilcayo, 12 de Setiembre del 2014



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
**TARAPOTO PERU**

**ENRIQUE ARÉVALO GARDINI, Ph.D**  
**COORDINADOR GENERAL**

Anexo 03: Análisis de suelo de la zona de la Altitud 2 (localidad aviación).



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y**

**ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS-CARACTERIZACIÓN**

Nº Solicitud : AS0255-14

SOLICITANTE : IIAP (Att. Diana Ayala)

PROCEDENCIA : Aviación-Lamas-Lamas-San Martín

Experm./cultivo actual: café

FECHA DE MUESTREO : 24/08/2014

FECHA DE RECEP. LAB : 28/08/2014

FECHA DE REPORTE : 12/09/2014

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO				C.I.C. efectiva	C.I.C.	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>		
Lab.	Campo											%				meq/100							
14	08	0899	II	3.96	0.11	0.00	3.99	0.18	7.97	86	52.96	14.00	33.04	Fra-Arc-Are	6.98		0.98	0.60	0.22	0.00	5.18	1.80	25.79

**MÉTODOS:**

TEXTURA : HIDROMETRO

pH : POTENCIOMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5

CONDUCT. ELECTRICA : CONDUCTIMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5

CARBONATOS : GAS - Volumétrico

FOSFORO : OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO<sub>3</sub> 0.5M, pH 8.5 Esp. Vis

POTASIO : OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO<sub>3</sub> 0.5M o Acetato de Amonio 1 N, pH 7.0 Esp. Absorción Atómica

MATERIA ORGANICA : WALKLEY y BLACK y sobrelimite por gravimetría (>10%)

CALCIO Y MAGNESIO : EXTRACT. KO 1N o Acetato de Amonio 1N, pH 7.0 Esp. Absorción Atómica

ACIDIS INTERC. : EXTRACT. KO 1N, Volumétrica

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
**TARAPOTO - PERÚ**

**ENRIQUE ARÉVALO GARDINI, Ph. D**  
**COORDINADOR GENERAL**

La Banda de Shilcayo, 12 de Setiembre del 2014

Anexo 04: Datos obtenidos en la evaluación de las variables en estudio.

ALTITUD	CODIGO	PLANTA	LONGITUD		$\Phi$		hojas pares		hojas axilares		SEVERIDADA
			inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	
800 - 1000 m.s.n.m.m.	130	3	83.82	88.38	2.76	2.81	12	10	0	0	0
	130	12	75.17	77.54	3.48	3.74	7	7	0	0	0
	130	17	30.27	34.22	2.37	2.74	7	7	0	0	0
	129	4	85.03	90.5	3.03	3.55	14	12	0	0	0
	129	15	62	62.89	3.16	3.52	6	8	0	0	0
	129	18	48.66	51.02	2.15	2.52	8	10	0	0	0
	120	9	121.62	124.2	3.32	3.94	12	12	0	0	0
	120	7	74.48	75.83	3.16	3.18	7	7	0	0	0
	120	17	71.98	72.34	2.96	3.28	12	12	0	0	0
	semilla	1	176.71	177	2.65	2.68	18	15	0	0	0
	semilla	2	171.64	186.8	2.62	2.81	14	13	0	0	0
	semilla	3	136.38	150.8	2.41	2.58	14	11	0	0	0
1001 - 1200 m.s.n.m.m.	71	6	23.39	26.14	2.48	2.52	4	6	0	0	0
	71	7	73.45	77.6	2.19	2.54	10	10	0	0	0
	71	17	69.63	77.56	3.15	3.48	11	11	0	0	0
	221	2	88.86	91.15	4.41	4.92	5	7	20	20	0
	221	5	41.05	48.35	2.86	3.03	6	8	0	0	0
	221	6	48.58	54.86	4.1	4.32	6	8	6	10	0
	137	7	54.3	63.36	3.32	3.72	10	10	0	0	0
	137	22	45.98	56.63	3.43	3.84	10	11	0	0	0
	137	28	69.75	71.11	2.12	2.355	12	15	0	0	0
	semilla	1	140.5	160	2.2	2.23	12	17	0	0	0
	semilla	2	218.8	236.4	3.3	3.44	21	23	0	0	0
	semilla	3	159.2	165	2.4	2.56	10	14	0	0	0

Anexo 05: Datos obtenidos en función a la respuesta de las variables a los factores en estudio.

ALTITUD	CODIGO	PLANTA	CRECIMIENTO EN LONGITUD	CRECIMIENTO EN DIÁMETRO	HOJAS PRINCIPALES	HOJAS AXILARES	SEVERIDAD
1	130	3	4.56	0.32	10	0	0
1	130	12	4.26	0.26	7	0	0
1	130	17	3.95	0.37	7	0	0
1	129	4	5.47	0.37	12	0	0
1	129	15	3.92	0.36	8	0	0
1	129	18	2.36	0.37	10	0	0
1	120	9	0.86	0.47	12	0	0
1	120	7	1.35	0.62	7	0	0
1	120	17	0.36	0.32	12	0	0
1	1	1	14.79	0.18	15	0	0
1	1	2	15.16	0.19	13	0	0
1	1	3	14.42	0.17	11	0	0
2	71	6	2.75	0.33	6	0	0
2	71	7	4.15	0.35	10	0	0
2	71	17	3.45	0.34	11	0	0
2	221	2	6.79	0.2	7	20	0
2	221	5	7.3	0.17	8	0	0
2	221	6	6.28	0.22	8	10	0
2	137	7	9.06	0.24	10	0	0
2	137	22	10.65	0.41	11	0	0
2	137	28	9.86	0.33	15	0	0
2	2	1	19.5	0.16	17	0	0
2	2	2	17.6	0.14	23	0	0
2	2	3	18.55	0.15	14	0	0

